



DEUTSCHES
PATENT- UND
MARKENAMT

⑫ Veröffentlichung
⑩ DE 198 81 083 T 1

- der internationalen Anmeldung mit der
- ⑪ Veröffentlichungsnummer: WO 99/01527 in
deutscher Übersetzung (Art. III § 8 Abs. 2 int. Pat. ÜG)
- ⑭ Deutsches Aktenzeichen: 198 81 083.0
- ⑮ PCT-Aktenzeichen: PCT/JP98/02891
- ⑯ PCT-Anmeldetag: 26. 6. 98
- ⑰ PCT-Veröffentlichungstag: 14. 1. 99
- ⑱ Veröffentlichungstag der PCT-Anmeldung
in deutscher Übersetzung: 15. 7. 99

⑤ Int. Cl.⁶:
C 10 M 169/06

C 10 M 115/08
C 10 M 117/00
C 10 M 133/06
C 10 M 125/10
C 10 M 139/00
C 10 N 40/02
C 10 N 10/02
C 10 N 10/04
C 10 N 10/10
C 10 N 10/12
C 10 N 10/16

DE 198 81 083 T 1

③① Unionspriorität:

9/190761 02. 07. 97 JP
9/284258 02. 10. 97 JP

⑦① Anmelder:

NSK Ltd., Tokio/Tokyo, JP

⑦④ Vertreter:

Grünecker, Kinkeldey, Stockmair & Schwanhäusser,
Anwaltssozietät, 80538 München

⑦② Erfinder:

Yokouchi, Atsushi, Fujisawa, Kanagawa, JP;
Matsumoto, Youichi, Fujisawa, Kanagawa, JP; Iso,
Kenichi, Fujisawa, Kanagawa, JP; Hachiya, Kouichi,
Fujisawa, Kanagawa, JP; Koizumi, Hideki, Fujisawa,
Kanagawa, JP; Naka, Michiharu, Fujisawa,
Kanagawa, JP

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

⑤⑨ Wälzlager

DE 198 81 083 T 1

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

5 P 30 537

10

BeschreibungWälzlager

15

Technisches Anwendungsgebiet

Diese Erfindung bezieht sich auf ein Wälzlager und insbesondere auf ein Wälzlager, das unter solchen Bedingungen verwendet wird, bei denen Wasser
20 in das Schmiermittel eindringen kann oder das Wälzlager der Einwirkung einer hohen Temperatur, einer hohen Rotationsgeschwindigkeit oder Vibrationen ausgesetzt ist, und das geeignet ist für elektrische Teile und Zubehöerteile eines Automobilmotors, z.B. einer Drehstrom-Lichtmaschine.

25 Technischer Hintergrund

Ein Wälzlager weist ein Schmiermittel auf, das in einem ringförmigen Raum eingeschlossen ist, der von Wälzkörpern und Laufringen gebildet wird, um dadurch das Wälzlager gegen Beschädigung durch Festfressen zu schützen und
30 die Verminderung der Wälzlager-Lebensdauer L zu verhindern.

Es ist allgemein bekannt, daß die Einführung von Wasser in das Schmiermittel zu einer starken Abnahme der Lebensdauer (Haltbarkeit) führt. So setzt bei-

Gemäß dem ersten Stand der Technik wird eine Kombination aus einer Kontaktgummidichtung, die an dem Gehäuse (an der Außenseite eines Lagers) befestigt ist, und einer Kontaktgummidichtung, die an der Innenseite des Lagers befestigt ist, verwendet, mit der es gelingt, die Wasser-Konzentration in dem Schmiermittel von 40 % auf weniger als 10 % herabzusetzen, verglichen mit der Verwendung der Kontaktgummidichtung allein, die an dem Gehäuse zur Verhinderung des Eindringens von Wasser befestigt ist. Außerdem kann der Verbrauch an Schmiermittel auf 1/200 herabgesetzt werden. In dem Bericht ist auch angegeben, daß das Auftreten von Brüchen, die mehrmals pro Jahr aufgetreten waren, dadurch auf Null herabgesetzt wurde.

Ein weiterer Stand der Technik zur Verhinderung des Eindringens von Wasser in das Schmiermittel des Lagers für die vorstehend beschriebene Arbeitswalze ist der, bei dem ein Schmiermittel zusammen mit Druckluft als Trägergas einem Lagergehäuse zugeführt wird (vgl. "NSK Technical Journal" Nr. 654, S. 54-56 (1992), nachstehend als "zweiter Stand der Technik" bezeichnet). Gemäß dem zweiten Stand der Technik wird der Luftdruck in dem Gehäuse auf einen hohen Wert eingestellt durch Verwendung von Druckluft, wodurch es möglich ist, das Eindringen von Wasser in das Schmiermittel zu unterbinden.

Andere wichtige Wälzlager, die unter dem Eindringen von Wasser in das Schmiermittel leiden, sind solche für elektrische Teile und Zubehöerteile eines Automotors. Zu "Lagern für elektrische Teile und Zubehöerteile eines Automotors" gehören solche für Hilfs-Teile, die von einem Riemen an der Außenseite eines Automotors angetrieben werden, beispielsweise ein Lager für eine Drehstrom-Lichtmaschine, ein Lager für eine elektromagnetische Kupplung einer Klimaanlage, ein Lager für eine Treibriemen-Spannrolle und ein Lager für eine Wasserpumpe. Diese Lager von elektrischen Teilen und Zubehöerteilen unterliegen dem Eindringen von Schmutzwasser oder Regenwasser, das von der Straße nach oben spritzt, und das Lager der Wasserpumpe unterliegt dem Eindringen des im Kreislauf geführten Wassers zum Kühlen des Motors.

5 nal", Nr. 657, S. 49-51 (1994), nachstehend als "vierter Stand der Technik" bezeichnet).

10 walzen von Eisen- und Stahlmaterial in einer kontinuierlichen Gießvorrichtung, die Stützwalzen eines Walzwerks, die Trocknungswalzen einer Papierherstellungsvorrichtung und dgl.

15 oder Regenwasser von der Straße in ihr Schmiermittel. Die Lager für Füh-
rungswalzen einer kontinuierlichen Gießvorrichtung für Eisen- und Stahl-
Materialien und diejenigen für Stützwalzen eines Walzwerks unterliegen
ebenfalls dem Eindringen von Kühlwasser oder Walzwasser in das Schmier-
mittel. Die Lager für Trocknungswalzen einer Papierherstellungs-Vorrichtung
20 unterliegen dem Angriff von Wasserdampf, weil sie in einer Stufe der Trock-
nung des Wasser enthaltenden nassen Papiers verwendet werden und sie
neigen deshalb zu einem frühen Bruch wegen des erhöhten Wassergehalts in
dem Schmiermittel (vgl. W.J. Culter in "TAPPI Journal", Band 79, Nr. 2, S. 157-
167, "Paper Machine Bearing Failure" (1966), nachstehend als "Literaturstelle
25 3" bezeichnet)).

30 räder verwendet (vgl. "NSK Technical Journal", Nr. 647, S. 55-57 (1987)), und
es wird eine Kontaktgummidichtung für die Lager für Führungswalzen oder
Stützwalzen eines Walzwerks verwendet, um das Eindringen von Wasser in

Rolling Fatigue", S. 125-130 (1993), nachstehend als "Literaturstelle 5" bezeichnet).

5 Nach den Literaturstellen 4 und 5 gibt es Fälle, in denen ein Schmiermittel bei Veränderungen der Umgebung und dgl. Wasser enthalten kann, obgleich kein Wasser direkt von außen einsickert. Es ist daher erforderlich, auch andere Gegenmaßnahmen gegen das Eindringen von Wasser in das Schmiermittel als die vorstehend beschriebene Kontaktgummidichtung in Erwägung zu ziehen, um die Herabsetzung der Lager-Lebensdauer L zu vermeiden.

10

Von diesem Gesichtspunkt aus betrachtet wurde daher die Verwendung von martensitischem rostfreiem Stahl (SUS 440C) als Lagermaterial, das für die Herstellung von Lagern verwendet werden soll, vorgeschlagen, um die Lager gegen Rost zu schützen, der als Folge des Anhaftens von Wasser auftritt, wo-
15 durch eine Herabsetzung der Haltbarkeit (Lebensdauer) verhindert wird (vgl. Korogari Jikuuke Kogaku Hensyu linkai (ed.) in "Korogari Jikuuke Kogaku", S. 71-72, Yokendo (1976), nachstehend als "sechster Stand der Technik" bezeichnet).

20 Wie oben angegeben, ermöglicht der erste Stand der Technik die Herabsetzung der Wasser-Konzentration in einem Schmiermittel von 40 % auf weniger als 10 % und die Herabsetzung des Schmiermittelverbrauchs. Bei einer späteren Überprüfung der tatsächlichen Abnutzung der Arbeitswalzen-Lager wurde gefunden, daß die Festfreß-Vorgänge drastisch abnahmen, es zeigte sich jedoch, daß die Dauer bis zum Auftreten des Abblätterns (Ausbrechens), d.h. die
25 Lager-Lebensdauer L, nicht in gleichem Umfang verbessert wurde. Es scheint, daß die Abnahme der Festfreß-Vorgänge auf die Verminderung des Austretens von Schmiermittel durch die im Innern der Lager sitzende Kontaktgummidichtung zurückzuführen ist und daß die mangelhafte Verbesserung der Lager-Lebensdauer L darauf zurückzuführen ist, daß das in das Schmiermittel ein-
30 sickernde Wasser die Wälz-Ermüdungsbeständigkeit des Lagers stark herabsetzt.

In einem Bericht ist angegeben, daß das Einführen von nur etwa 100 ppm Wasser in ein Schmiermittel zu einer Verminderung der Wälz-Ermüdungsbeständigkeit um 32 bis 48 % hervorrufen kann (vgl. P. Schatzberg und I.M. Fel-

sen in "Wear", Band 12, S. 331-342, "Effects of water and oxygen during rolling contact lubrication" (1968), nachstehend als "Literaturstelle 6" bezeichnet). Mit einer Kombination aus einer Kontaktgummidichtung, die auf der Gehäuseaußenseite eines Lagers angebracht ist, und einer Kontaktgummidichtung, die im Innern des Lagers angebracht ist, kann die Wasser-Konzentration in dem Schmiermittel auf einen Wert unterhalb etwa 10 % eingestellt werden, es kann jedoch nicht vollständig verhindert werden, daß Wasser in das Schmiermittel einsickert, so daß die Wälz-Ermüdungsbeständigkeit des Lagermaterials unvermeidlich abnimmt, wie in der Literaturstelle 6 angegeben.

Das heißt, nach dem ersten Stand der Technik ist es nicht möglich, das Einsickern von Wasser in das Schmiermittel vollständig zu verhindern. Als Folge davon nimmt die Wälz-Ermüdungsbeständigkeit des Lagermaterials ab, so daß es nicht möglich ist, eine Haltbarkeit mit der gewünschten Lager-Lebensdauer L zu gewährleisten.

20 Bei dem zweiten Stand der Technik, der das Einsickern von Wasser durch Er-
höhung des Luftdruckes in dem Lagergehäuse verhindert, verläßt man sich
nicht auf das Wasserabdichtungsvermögen einer Kontaktgummidichtung wie
bei dem ersten Stand der Technik. Das Problem des zweiten Standes der
Technik besteht jedoch darin, daß es schwierig ist, das Einsickern von Wasser
25 in einem solchen nahezu vollständigen Umfang zu verhindern, daß die Was-
ser-Konzentration in dem Schmiermittel bei 100 ppm oder darunter gehalten
wird.

30 Der dritte Stand der Technik ist im Prinzip ähnlich dem ersten Stand der Technik insofern, als mittels einer Kontaktgummidichtung verhindert wird, daß Wasser einsickert. Dabei ist es schwierig, die Wasser-Konzentration in dem Schmiermittel auf einen Wert bei oder unterhalb von 100 ppm, wie oben ange-

In den letzten Jahren haben Automobile mit Frontmotor und Vorderradantrieb eine weite Verbreitung gefunden mit dem Ziel einer Größen- und Gewichtsverminderung und die Nachfrage nach einer Vergrößerung des Automobil-Passagierraums und dgl. hat die Notwendigkeit ergeben, den Motorraum zu verkleinern. Dies erfordert auch eine weitere Größen- und Gewichtsverminderung der Motor-Hilfsteile, die an Automobilen befestigt sind, wie z.B. der Drehstrom-Lichtmaschine. Andererseits besteht aber auch das Bedürfnis, daß diese Motor-Hilfsteile ein höheres Leistungsvermögen und eine höhere Leistungsabgabe aufweisen. Die Größenverminderung von Motorhilfsteilen ist unvermeidlich verbunden mit einer Verminderung der Leistungsabgabe. Eine Verminderung der Leistungsabgabe (Output), beispielsweise einer Drehstrom-Lichtmaschine oder einer elektromagnetischen Kupplung einer Klimaanlage, wird kompensiert durch eine Erhöhung der Drehzahl und demzufolge hat sich die Drehzahl der Riemenscheiben-Spannrolle erhöht. Um das Motorgeräusch zu senken, war es auch erforderlich, den Motorraum zu verkapseln. Wenn die Verkapselung des Motorraums stärker wird, steigt die Innentemperatur des Motorraums. Als Folge davon steigt die Betriebstemperatur der Lager für die elektrischen Teile und die Zubehör-Teile. Außerdem führt die erhöhte Spannung des Treibriemens zu einer Erhöhung der Belastung auf die Lager. Auf

Der sechste Stand der Technik umfaßt das folgende Problem. Rostfreier Stahl hat eine niedrigere Wärmeleitfähigkeit als niedriglegierter Stahl und neigt daher mehr zu einem Bruch durch Festfressen. Es ist daher schwierig, rostfreien Stahl für solche Lager zu verwenden, die unter den vorstehend beschriebenen schlechten Schmier-Bedingungen verwendet werden, die das Eintreten von Wasser in das Schmiermittel erlauben können. Die Korrosionsbeständigkeit des rostfreien Stahls wird aufrechterhalten durch Erzeugung eines Passivierungsfilms auf der Oberfläche. Bei einem Wälzlager wird der Passivierungsfilm jedoch beim Kontakt zwischen der Laufbahn-Oberfläche der Laufringe und der Wälz-Oberfläche unterbrochen. Als Folge davon schreitet die Korrosion selektiv fort unter Bildung von Lochfraß (Grübchen), von denen ein Bruch durch Ausbrechen (Rißbildung) ausgeht. Da rostfreier Stahl bei einer hohen Temperatur von 1010 bis 1070°C bei der Herstellung der Lager gehärtet wird, sollte als Heizofen ein Salzbad-Ofen verwendet werden, der zu einer Erhöhung der Kosten für die Herstellungsanlagen führen kann (vgl. Nihon Tekko Kyokai (ed.), Ko no netsushori, 5. Auflage, S. 563-586 (1989)).

Außerdem ist die Schleif-Geschwindigkeit von rostfreiem Stahl niedriger wegen der niedrigeren Wärmeleitfähigkeit, wie vorstehend angegeben, wodurch die Schleifkosten erhöht werden. Der rostfreie Stahl selbst führt, weil er ein
5 hochlegierter Stahl ist, zu einer Erhöhung der Materialkosten.

Die vorliegende Erfindung wurde gemacht unter Berücksichtigung der vorstehend beschriebenen Probleme. Ein Ziel der Erfindung besteht darin, ein Wälzlager bereitzustellen, das eine ausreichende Lager-Lebensdauer leicht
10 und wirtschaftlich auch dann sicherstellt, wenn es unter solchen Bedingungen verwendet wird, bei denen Wasser von außen her oder Wasser aufgrund einer Kondensation von Feuchtigkeit in das Schmiermittel einsickern kann oder das Lager unter dem Einfluß von Vibrationen steht.

15 Beschreibung der Erfindung

Die Erfinder der vorliegenden Erfindung haben umfangreiche Untersuchungen durchgeführt, um ein Wälzlager zu finden, das gegen die Ausbreitung der Korrosion an der Lagerkontaktstelle auch dann geschützt ist, wenn es unter
20 Schmier-Bedingungen verwendet wird, unter denen das Schmiermittel Wasser enthält. Als Folge davon wurde es als wichtig angesehen, die Kathoden-Reaktion auf der Laufbahn der Laufringe so zu kontrollieren (zu steuern), daß verhindert wird, daß Wasserstoff in den Laufringen absorbiert wird. Es wurde außerdem als für diesen Zweck wirksam gefunden, die Wasserstoffionen-
25 Konzentration in dem Schmiermittel zu senken, d.h. mit anderen Worten, den Wasserstoffionenexponenten-pH-Wert des Schmiermittels zu erhöhen.

Ein Versuch, bei dem eine alkalische Substanz einem Schmiermittel in steigenden Mengen zugesetzt wurde, zeigte, daß die Kathoden-Reaktion unter-
30 drückt werden kann unter Verbesserung der Wälz-Ermüdungsbeständigkeit, wenn der Wasserstoffionenexponenten-pH-Wert des Schmiermittels in dem Bereich von 7 bis 13 liegt.

- Auf diesen Erkenntnissen beruht die vorliegende Erfindung. Das erfindungsgemäße Wälzlager weist äußere und innere Laufringe und Wälzkörper auf, die drehbar zwischen den äußeren und inneren Laufringen gelagert sind, wobei
- 5 ein Schmiermittel in dem ringförmigen Zwischenraum, der von den Wälzkörpern und den Laufringen gebildet wird, eingeschlossen ist, und es ist erstens dadurch gekennzeichnet, daß der Wasserstoffionenexponenten-pH-Wert des Schmiermittels in dem Bereich von 7 bis 13 liegt.
- 10 Es ist bekannt, daß ein organisches Metallsalz in einem Schmiermittel einen chemischen Reaktionsfilm auf der Stahl-Oberfläche eines Lagermaterials bildet, der den Metall-Metall-Kontakt verhindert und den Reibungskoeffizienten herabsetzt, so daß Verbesserungen in bezug auf die Belastungsbeständigkeit, die Festfreßbeständigkeit und die Abriebsbeständigkeit erzielt werden.
- 15 Es sei darauf hingewiesen, daß diese Funktion eines organischen Metallsalzes intensiv weiter untersucht wurde und als Ergebnis wurde gefunden, daß ein frühes Ausbrechen (Abblättern) eines Lagers verhindert werden kann durch Einstellung des Wasserstoffionenexponenten-pH-Wertes eines Schmier-
- 20 mittels auf den Wert 5 oder höher, wenn das Schmiermittel ein organisches Metallsalz enthält. Es hat sich auch gezeigt, daß der gleiche Effekt erzielt werden kann, wenn eine aschefreie Dialkyldithiocarbamidsäure (ADTC) dem Schmiermittel anstelle des organischen Metallsalzes zugesetzt wird.
- 25 Das erfindungsgemäße Wälzlager ist somit zweitens dadurch gekennzeichnet, daß das Schmiermittel ein organisches Metallsalz oder ADTC enthält und daß sein Wasserstoffionenexponenten-pH-Wert auf einen Bereich von 5 bis 13 eingestellt ist.
- 30 Zusätzlich zu dem obengenannten Verfahren, das auf der Kontrolle der Kathoden-Reaktion beruht, wird es auch als wirksam angesehen, zur Verhinderung des Fortschreitens der Korrosion an der Lager-Kontaktstelle, die kleinen Risse

(Spalten) minimal zu halten, die zwischen nicht-metallischen Einschlüssen und der Metallmatrix auf dem Lagermaterial gebildet werden können.

5 Es wird angenommen, daß durch die Verbesserung einer Ölfilmbildung zwischen der Wälz-Oberfläche und der Laufbahn-Oberfläche die Tangentialkraft zwischen der Wälzoberfläche und der Laufbahn-Oberfläche herabgesetzt wird, wodurch die Bildung solcher kleiner Risse unterdrückt wird.

10 Unter Berücksichtigung dieses Aspekts haben die Erfinder die Untersuchungen fortgesetzt und gefunden, daß ein ausreichend fester Ölfilm zwischen der Wälzoberfläche und der Laufbahn-Oberfläche gebildet werden kann durch Einarbeitung von feinen Teilchen aus einer anorganischen Verbindung, die eine durchschnittliche Teilchengröße von 2 µm oder kleiner aufweisen, in das Schmiermittel und durch Einstellung des Wasserstoffionenexponenten-pH-
15 Werts des Schmiermittels auf 5 oder höher, wodurch der Metall-Metall-Kontakt verhindert und die Lager-Lebensdauer L unter Hochtemperatur- und Hochgeschwindigkeits-Bedingungen verbessert werden kann.

20 Das erfindungsgemäße Wälzlager ist daher drittens dadurch gekennzeichnet, daß das Schmiermittel eine anorganische Verbindung mit einer durchschnittlichen Teilchengröße von 2 µm oder kleiner aufweist und einen Wasserstoffionenexponenten-pH-Wert hat, der auf den Bereich von 5 bis 13 eingestellt ist.

25 Außerdem haben die Ergebnisse der Untersuchung der Erfinder gezeigt, daß ein ausreichend starker Oberflächenfilm in entsprechender Weise zwischen der Wälzoberfläche und der Laufbahn-Oberfläche gebildet wird, wenn eine Diharnstoff-Verbindung, die ein aromatisches Amin enthält, oder ein Gemisch von zwei oder mehr Arten der Diharnstoff-Verbindung dem Schmiermittel anstelle der anorganischen Verbindung als Verdickungsmittel zugesetzt wird.

30

Das erfindungsgemäße Wälzlager ist daher viertens dadurch gekennzeichnet, daß das Schmiermittel als Verdickungsmittel eine Diharnstoff-Verbindung, die

Lauftringen eingeschlossen ist. Obgleich es bekannt ist, wie oben angegeben, daß der Zustand des Wasser enthaltenden Schmiermittels eine Herabsetzung der Wälz-Ermüdungsbeständigkeit des Lagermaterials verursacht, gibt es bisher keine anerkannte Theorie bezüglich dieses Phänomens. Das heißt, der

5 Mechanismus, der zur Verminderung der Wälz-Ermüdungsbeständigkeit durch Eindringen von Wasser in ein Schmiermittel beiträgt, bleibt unbekannt (vgl. E. Ioannides und B. Jacobson in "Ball Bearing Journal Special", 1989, S. 22-27, "Dirty lubricants-reduced bearing life" (1989)).

10 Zuerst hat sich der Anmelder daran gemacht, den fraglichen Mechanismus theoretisch aufzuklären.

Dort, wo Wasser in ein Schmiermittel eindringt, kann selbst eine Spurenmenge Wasser die Bildung eines Ölfilms erschweren und die Wälzkörper und Lauf-

15 fringe unterliegen einem Metall-Metall-Kontakt zwischen der Wälzoberfläche und der Laufbahn-Oberfläche. Die Oberflächen der Wälzkörper und Laufringe sind nicht homogen und es werden nicht-metallische Einschlüsse wie Oxide und Sulfide unvermeidlich auf der Wälzoberfläche oder der Laufbahn-Oberfläche gebildet. Wenn das Schmiermittel Wasser enthält, dringt das Wasser in

20 den Grenzbereich zwischen den nicht-metallischen Einschlüssen und der Metallmatrix ein, die hauptsächlich Eisen enthält und bildet Lokalisierungs-Zellen unter Entwicklung einer lokalen Korrosion. Da in der Nähe der oben-

genannten Grenzfläche stets eine Wälzkörper/Laufring-Kontaktfläche vorhanden ist, wirkt notwendigerweise eine Zugbeanspruchung auf die Gren-

25 zfläche zwischen dem nicht-metallischen Einschuß, der auf der Oberfläche der Laufbahnen oder der Wälzoberfläche vorhanden ist, und der Metallmatrix ein. Unter der Einwirkung einer solchen Zugbeanspruchung bildet sich ein

kleiner Riß (Spalt) in der Grenzfläche zwischen dem nicht-metallischen Einschuß und der Metallmatrix. Wenn Wasser in dem Schmiermittel vorhanden

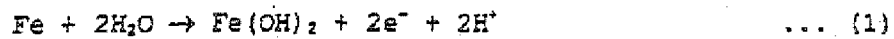
30 ist, tritt das Wasser, wie geringfügig der Wassergehalt auch sei, bevorzugt in den kleinen Riß ein durch Kapillarwirkung, weil seine Viskosität niedriger ist als diejenige des Schmiermittels. Dies verursacht das Auftreten einer Korro-

sionsreaktion in diesem kleinen Riß. Darüber hinaus wird dort, wo eine Rotationswelle in den inneren Laufring mit einem Preßpassung (Interferenzsitz) eingesetzt ist, stets eine Zugbeanspruchung auf die Laufbahn ausgeübt, so daß auf die Grenzfläche zwischen dem nicht-metallischen Einschluß und der Metallmatrix eine höhere Zugspannung einwirkt. In diesem Fall entstehen unter der Einwirkung einer höheren Zugspannung Risse (Spalten).

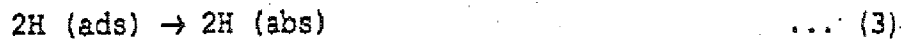
In einem Wälzlager, das in elektrischen Teilen und Zubehör-Teilen eines Automobilmotors verwendet wird, beispielsweise in einer Drehstrom-Lichtmaschine, werden Vibrationen eines Treibriemens direkt auf das Lager übertragen und das Lager-Gehäuse weist eine geringe dynamische Elastizität (Steifigkeit) auf. Deshalb tritt häufig zwischen der Laufbahn-Oberfläche der Laufringe und der Wälzoberfläche der Wälzkörper trotz der hohen Rotationsgeschwindigkeit ein Metall-Metall-Kontakt auf. Daraus folgt, daß die Abdichtung zwischen dem nicht-metallischen Einschluß und der Metallmatrix auf der Laufbahn-Oberfläche und der Wälzoberfläche abnimmt unter Bildung von kleinen Rissen (Spalten) in ihrer Grenzfläche. Der Wassergehalt in dem Schmiermittel hat die Neigung, in diese kleinen Risse einzudringen unter Erzeugung einer Korrosions-Reaktion. Eine Korrosion dieser Art entwickelt sich insbesondere auf der Laufbahn-Oberfläche des äußeren Laufrings. Das Schmiermittel weist in der Regel einen gewissen Wassergehalt auf, der auf die Absorption der Feuchtigkeit aus der Luft zurückzuführen ist. Der ursprünglich in dem Schmiermittel enthaltene Wassergehalt kann die Korrosions-Reaktion auch dann induzieren, wenn kein Wasser von außen eindringt.

Das Korrosions-Reaktionsprodukt verstopft die Eingänge in die Risse, so daß kaum Sauerstoff von der Oberfläche den Rissen zugeführt wird. Dann wirkt die Metallmatrix im tiefsten Teil der Risse als Anode, während die Carbide und die Metallmatrix der übrigen Fläche außer der tiefsten Fläche als Kathode wirken, wodurch Korrosions-Reaktionen hervorgerufen werden, die eine Wasserstoffentwicklung mit sich bringen, wie durch die folgenden Reaktionsgleichungen (1) bis (4) dargestellt:

Anodenreaktion:



5 Kathodenreaktion:



10

worin H (ads) für ein an der Oberfläche eines Lagermaterials adsorbiertes Wasserstoffatom steht und H (abs) für ein im Innern des Lagermaterials absorbiertes Wasserstoffatom steht.

15 Auf der Anodenseite reagiert Fe mit Wasser unter Ausbildung einer Oxidation, wodurch ein Elektron freigesetzt wird, wie es in der chemischen Reaktionsgleichung (1) dargestellt ist. Auf der Kathodenseite wird Wasserstoff an der Oberfläche des Lagermaterials adsorbiert, wie durch die chemische Gleichung (2) dargestellt, wegen der Sauerstoff-Verarmung im Innern der kleinen Risse.

20 Dann diffundiert ein Teil des adsorbierten Wasserstoffs in das Innere des Lagermaterials und wird absorbiert, wie durch die chemische Reaktionsgleichung (3) dargestellt. Der Rest des an der Oberfläche des Lagermaterials adsorbierten Wasserstoffs sammelt sich unter Bildung von Wasserstoff-Molekülen (Gas), die nach außen freigesetzt werden. Auf den Carbiden als Kathode läuft

25 hauptsächlich die durch die Gleichung (4) dargestellte chemische Reaktion ab, während der Ablauf der Reaktion gemäß der Gleichung (3) praktisch vernachlässigbar ist. Auf der Metallmatrix, die als Kathode wirkt, laufen jedoch beide Reaktionen gemäß den Gleichungen (3) und (4) ab.

30 Daher wird im Falle des Eindringens von Wasser in die Risse (Spalte) während des Laufens eines Lagers, unabhängig davon, wie geringfügig der Wassergehalt ist, Wasserstoff von dem Lagermaterial absorbiert. Das Lagermate-

rial unterliegt auf diese Weise einer Wasserstoffversprödung und seine Wälz-Ermüdungsbeständigkeit nimmt ab, wodurch ein Abblättern (Ausbrechen) und eine Herabsetzung der Lager-Lebensdauer L verursacht werden.

- 5 Von diesem Standpunkt aus betrachtet ist es erforderlich, die Wasserstoff-Absorption im Innern des Lagermaterials zu kontrollieren, um dadurch die Wasserstoffversprödung zu vermeiden. Zu diesem Zweck ist es wichtig, die Kathoden-Reaktion der chemischen Reaktionsgleichung (2) unter Berücksichtigung des vorstehend beschriebenen Korrosions-Reaktionsmechanismus zu
- 10 kontrollieren. Zur Kontrolle der Kathoden-Reaktion gemäß der chemischen Reaktionsgleichung (2) ist es erforderlich, die Wasserstoffionen-Konzentration des Schmiermittels herabzusetzen. Das heißt mit anderen Worten, die Reaktions-Geschwindigkeit der chemischen Reaktionsgleichung (2) kann herabgesetzt werden durch Erhöhung des Wasserstoffionenexponenten-pH-Wertes
- 15 des Schmiermittels. Zu diesem Zweck sollte der Wasserstoffionenexponenten-pH-Wert auf einen Bereich von 7 bis 13 beschränkt werden.

- Der Wasserstoffionenexponenten-pH-Wert des Schmiermittels und die Zusammensetzung des Schmiermittels (Grundöle, Verdickungsmittel und pH-Einstellungsmittel) gemäß dieser Ausführungsform werden nachstehend be-
- 20 schrieben.

Wasserstoffionenexponenten-pH-Wert des Schmiermittels und Zusammensetzung des Schmiermittels

25

(1) Wasserstoffionenexponenten-pH-Wert

- Der Wassergehalt weist häufig eine Acidität auf, wobei er einen Wasserstoffionenexponenten von 7 oder weniger aufweist als Folge der Auflösung von
- 30 Kohlendioxid, das in einer Spurenmenge in der Atmosphäre vorhanden ist. Der Wasserstoffionenexponenten-pH-Wert eines Schmiermittels kann durch Zugabe einer alkalischen Substanz als pH-Einstellungsmittel erhöht werden. Um

die Reaktions-Geschwindigkeit der chemischen Reaktionsgleichung (2) herabzusetzen, um die Wasserstoff-Absorption in dem Laufring-Material ausreichend zu unterdrücken, um dadurch die Lager-Lebensdauer L zu verlängern, ist es erforderlich, den Wasserstoffionenexponenten-pH-Wert auf 7 oder höher einzustellen. Wenn andererseits der Wasserstoffionenexponenten-pH-Wert 13 übersteigt, entwickelt sich eine kaustische Korrosion, die zu einem Verschleiß der Laufbahn-Oberfläche und der Wälzoberfläche führt und während des Laufs des Lagers werden allmählich Vibrationen bemerkbar. Daher ist der Wasserstoffionenexponenten-pH-Wert des Schmiermittels bei dieser Ausführungsform auf den Bereich von 7 bis 13 beschränkt.

(2) Grundöl

Die Grundöle, die zum Schmieren dienen, unterliegen keinen speziellen Beschränkungen. Es können beliebige Öle verwendet werden, wie sie üblicherweise als Grundöl von Schmierölen eingesetzt werden. Es ist zweckmäßig, Grundöle mit einer dynamischen Viskosität von 40 bis 400 mm²/s, vorzugsweise von 60 bis 250 mm²/s bei 40°C zu verwenden, um Abnormitäten beim Tieftemperatur-Start zu vermeiden, die im Falle eines Mangels an Tieftemperatur-Fließfähigkeit auftreten können, oder um einen noch stärkeren Ölfilm zu bilden zur Verbesserung der Beständigkeit gegen Festfressen.

Zu verwendbaren Grundölen gehören mineralische Schmieröle, synthetische Schmieröle und natürliche Schmieröle.

Zu den mineralischen Schmierölen gehören solche, wie sie durch eine geeignete Kombination von Reinigungsverfahren, wie Vakuumdestillation, Lösungsmitteldeasphaltierung, Lösungsmittelextraktion, Hydrogenolyse, Lösungsmittelentwachsung, Schwefelsäurebehandlung, Tonbehandlung, Hydoraffinierung und dgl. erhalten werden.

Zu den synthetischen Schmierölen gehören Kohlenwasserstofföle, aromatische Öle, Esteröle und Etheröle.

5 Zu den Kohlenwasserstoffölen gehören n-Paraffine, Isoparaffine und Poly- α -olefine (PAO), z.B. Polybuten, Polyisobutylen, 1-Decen-Oligomere, 1-Decen und Ethylen-Oligomere und ihre Hydrierungs-Produkte.

10 Zu den aromatischen Ölen gehören Alkylbenzole wie Monoalkylbenzole und Dialkylbenzole und Alkyl-naphthaline wie Monoalkyl-naphthaline, Dialkyl-naphthaline und Polyalkyl-naphthaline.

15 Zu den Esterölen gehören Diesteröle, wie Dibutylsebacat, Di-2-ethylhexylsebacat, Dioctyladipat, Diisodecyladipat, Ditridecyladipat, Ditridecylglutarat und Methylacetylricinoleat; aromatische Esteröle, wie Trioctyltrimellithat, Tridecyltrimellithat und Tetraoctylpyromellithat; Polyolesteröle, wie Trimethylpropancaprylat, Trimethylpropanpelargonat, Pentaerythrit-2-ethylhexanoat und Pentaerythritpelargonat; und komplexe Esteröle, bei denen es sich um Oligoester zwischen Polyhydroxyalkoholen und gemischten dibasischen-monobasischen Fettsäuren handelt.

20

25 Zu den Etherölen gehören Polyglycole, wie Polyethylenglycol, Polypropylenglycol, Polyethylenglycolmonoether und Polypropylenglycolmonoether; und Phenyletheröle, wie Monoalkyltriphenylether, Alkyldiphenylether, Dialkyldiphenylether (DAPE), Pentaphenylether, Tetraphenylether, Monoalkyltetraphenylether und Dialkyltetraphenylether.

Verwendbar sind auch andere synthetische Schmieröle, wie Tricresylphosphat, Siliconöle und Perfluoroalkylether.

30 Die oben aufgezählten Schmieröle können einzeln als Basisöl verwendet werden oder es kann auch eine Mischung als Basisöl verwendet werden, die her-

gestellt wird durch Mischen von zwei oder mehr dieser Schmieröle, so daß sie die gewünschte dynamische Viskosität haben.

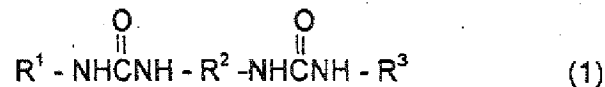
(3) Verdickungsmittel

5

Dem Schmieröl wird ein Verdickungsmittel (Eindickungsmittel) zugesetzt, um das Schmieröl in einem halbfesten Zustand zu halten und die Eigenschaften des Öls (Viskosität, Elastizität, Plastizität und dgl.) zu verbessern. Das Verdickungsmittel besteht aus Molekülen oder Kristallen, die in Kettenform zu Fasern miteinander verbunden sind, die in dem Grundöl dispergiert sind unter Bildung einer Gelstruktur.

Deshalb unterliegt das Verdickungsmittel keinen speziellen Beschränkungen, so lange es die Fähigkeit hat, das Grundöl in der Gelstruktur zu halten. Es ist möglich, ein Verdickungsmittel zu verwenden, das in geeigneter Weise ausgewählt wird beispielsweise aus Metallseifen, die Li, Na und dgl. enthalten, komplexen Metallseifen, die Li, Na, Ba, Ca und dgl. enthalten, und Harnstoff-Verbindungen wie Diharnstoff-Verbindungen und Polyharnstoff-Verbindungen.

20 Vom Standpunkt der Erzielung einer verbesserten Wärmebeständigkeit des
Schmiermittels aus betrachtet ist es bevorzugt, Diharnstoff-Verbindungen zu
verwenden, die eine feste Gelstruktur bilden können. Die Diharnstoff-
Verbindungen sind Verbindungen, die erhalten werden durch Umsetzung ei-
25 nes Diisocyanats mit einem Monoamin unter vorgegebenen Bedingungen,
dargestellt durch die folgende Formel (1):



worin bedeuten:

30 R¹ und R³ jeweils einen Aminrest, aufgebaut beispielsweise aus einer Cyclohexylgruppe, einer C_n-Alkylcyclohexylgruppe (n=7 bis 12) oder einer geradkettigen C_n-Alkylgruppe (n=8 bis 20); und

R^2 einen Isocyanat-Rest, aufgebaut aus einer einen divalenten aromatischen Ring enthaltenden C_n -Kohlenwasserstoffgruppe ($n=6$ bis 15).

(4) pH-Einstellungsmittel

5

Es wird ein pH-Einstellungsmittel zugegeben, um den Wasserstoffionenexponenten-pH-Wert des Schmiermittels auf einen Bereich von 7 bis 13 einzustellen. Wie vorstehend angegeben, wird das Schmiermittel häufig sauer, so daß es einen Wasserstoffionenexponenten-pH-Wert von 7 oder darunter aufweist,

10

weil der Wassergehalt darin gelöstes Kohlendioxid enthält, das in einer Spurenmenge in der Atmosphäre enthalten ist. Es ist daher erforderlich, eine alkalische Substanz als pH-Einstellungsmittel zuzugeben, um den Wasserstoffionenexponenten-pH-Wert auf 7 bis 13 einzustellen. Es kann mindestens eine alkalische Substanz verwendet werden, die ausgewählt wird aus Aminverbindungen, organischen Metallsalzen, organischen Säure-Metallsalzen und alkalischen anorganischen Verbindungen.

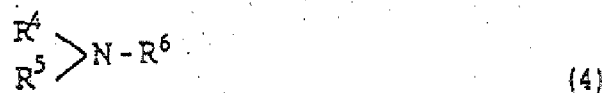
15

Bei der Amin-Verbindung kann es sich um eines der primären bis tertiären Amine der nachstehend angegebenen jeweiligen Formeln (2) bis (4):

20



25



worin R^4 , R^5 und R^6 , die gleich oder verschieden sein können, jeweils in geeigneter Weise ausgewählt werden aus einer aliphatischen Kohlenwasserstoffgruppe, einer alicyclischen Kohlenwasserstoffgruppe und einer aromatischen Kohlenwasserstoffgruppe, die jeweils C_n Kohlenstoffatome ($n = 1$ bis 24) enthalten, und ein Derivat davon handeln.

30

Die aliphatische Kohlenwasserstoffgruppe umfaßt eine Methylgruppe, eine Ethylgruppe, eine Propylgruppe, eine Butylgruppe, eine Pentylgruppe, eine Hexylgruppe, eine Octylgruppe, eine Dodecylgruppe, eine Tetradodecylgruppe, eine Octadecylgruppe und eine Eicosylgruppe. Die alicyclische Kohlenwasserstoffgruppe umfaßt in der Regel eine Cyclohexylgruppe.

Die aromatische Kohlenwasserstoffgruppe umfaßt eine Phenylgruppe, eine Methylphenylgruppe und eine Ethylphenylgruppe.

10

Die Derivate dieser Gruppen umfassen eine Polyoxyalkylengruppe, eine Polyoxyethylengruppe und eine Polyoxyethylengruppe.

15

Die organischen Metallsalze oder organischen Säure-Metallsalze, die verwendet werden können, umfassen solche, die bestehen aus einer C_n -Kohlenwasserstoffkette (mit $n=6$ bis 24), die eine Alkylgruppe aufbaut, und einem metallischen Element, bei dem es sich um ein Metallsalz handelt, das ausgewählt wird aus Alkalimetallen (Na, K, Li und dgl.), Erdalkalimetallen (Mg, Ca, Ba und dgl.), Al, Zn und dgl. und Mischungen von zwei oder mehr derselben.

20

Die alkalischen anorganischen Verbindungen, die verwendet werden können, umfassen Metallhydroxide, wie Natriumhydroxid ($NaOH$), Kaliumhydroxid (KOH) und Aluminiumhydroxid ($Al(OH)_3$); Metallcarbonate, wie Natriumcarbonat (Na_2CO_3), Kaliumcarbonat (K_2CO_3), Lithiumcarbonat (Li_2CO_3) und Natriumhydrogencarbonat ($NaHCO_3$); Metallborate, wie Natriumborat (Na_3BO_3) und Lithiumborat (Li_3BO_3); und Metallsilicate, wie Natriumsilicat (Na_4SiO_4) und Kaliumsilicat (K_4SiO_4).

25

(5) Weitere (andere) Zusätze

30

Es ist eine bevorzugte Praxis, gewünschtenfalls dem Schmiermittel verschiedene Additive (Zusätze) zuzugeben, beispielsweise Gelierungsmittel, Antioxi-

dantien, Extremdruckmittel, Schmierfähigkeitsverbesserungsmittel, Rostinhibitoren, Metall inaktivierende Agentien, Viskositätsindex-Verbesserungsmittel und dgl., um die Schmiermittel-Eigenschaften weiter zu verbessern.

- 5 Zu den Gelierungsmitteln gehören Metallseifen, Benton und Silicagel. Zu den Antioxidantien gehören Aminverbindungen, Phenolverbindungen, Schwefelverbindungen und Zinkthiophosphat. Zu den Extremdruckmitteln gehören Chlorverbindungen, Schwefelverbindungen, Phosphorverbindungen, Zinkdithiophosphat und Organomolybdänverbindungen. Zu den Ölverbesserungsmitteln gehören Fettsäuren und tierische und pflanzliche Öle. Zu den Rostinhibitoren gehören Petrolsulfonat, Dinonylnaphthalinsulfonat und Sorbitanester. Zu den Metallinaktivierungsmitteln gehören Benzotriazol und Natriumnitrit. Zu den Viskositätsindex-Verbesserungsmitteln gehören Polymethacrylate, Polyisobutylen und Polystyrol.

15

Diese Additive (Zusätze) können entweder einzeln oder in Form einer Kombination von zwei oder mehr derselben verwendet werden. Die Additive (Zusätze) werden zugegeben zur Erzielung eines Additiv-Gehalts von nicht mehr als 20 Gew.-% in dem Schmiermittel, ohne daß die Erfindung darauf be-

20 schränkt ist.

Die Erfinder haben dann die Abblätterungs- bzw. Ausbrech-Eigenschaften verschiedener Lagerkontakt für den Fall untersucht, daß Wasser in das Schmiermittel eingesickert war.

25

- Wie oben angegeben, wird dann, wenn Wasser in das Schmiermittel eindringt, die Zeit, die erforderlich ist, bis ein Wälzlager bricht (abblättert bzw. ausbricht), nämlich die Lager-Lebensdauer L, verkürzt. Im allgemeinen ist es der feststehende Laufring, bei dem meistens eine Abblätterung (Rißbildung) an den Lagerstellen auftritt und die Häufigkeit der Abblätterung nimmt ab in der Reihenfolge vom rotierenden Laufring zu den Wälzkörpern. Die geringere Häufigkeit
- 30 der Abblätterung an den Wälzkörpern als die Häufigkeit der Abblätterung an

5 Interferenz $7/10000$ des rotierenden Wellen-Durchmessers übersteigt oder
wenn ein Lager mit einer konischen Durchbohrung mit einem Interferenz-Sitz
(Preßpassung) verwendet wird, ist das Auftreten eines Abblätterns am rotie-
renden Laufring ebenso häufig oder häufiger als an dem feststehenden
Laufring. In den Fällen, in denen der innere Laufring ein feststehender
10 Laufring ist und der innere Laufring und eine rotierende Welle mit einem Inter-
ferenz-Sitz (Preßpassung) aneinander befestigt sind, ist es überflüssig darauf
hinzuweisen, daß die Wasserstoff-Absorption ansteigt im Vergleich zu den
Fällen eines Sitzes mit Spielraum (Spielpassung).

15 Was den Metall-Metall-Kontakt zwischen der Wälzoberfläche der Wälzkörper
und der Laufbahn-Oberfläche der Laufringe angeht, so bewirkt er einen Über-
gang von einer lokalen Korrosion zu einer Kontakt-Korrosion, wobei die Me-
tallmatrix im Innern des Risses (Spaltes), der an der Metallmatrix/Nichtmetall-
Verbindungs-Grenzfläche entsteht, als Anode wirkt und die Metallmatrix auf
20 der Wälzoberfläche der Wälzkörper als Kathode wirkt.

Die auf der Wälzoberfläche der Wälzkörper vorhandene Metallmatrix (nachstehend als Wälzoberflächen-Metallmatrix bezeichnet) wird elektrochemisch edler gemacht als die auf der Laufbahn-Oberfläche der Laufringe vorliegende Metallmatrix (nachstehend als Laufring-Metallmatrix bezeichnet), wodurch die Metallmatrix-Seite in dem Riß (Spalt) als Anode und die Metallmatrix auf der Wälzoberfläche als Kathode dient. Auf diese Weise läuft die Anodenreaktion auf der Metallmatrix-Seite an der Grenzfläche ab, während die Kathoden-Reaktion auf der Wälzoberflächen-Metallmatrix abläuft. Da die Wälzoberfläche mit dem Sauerstoff aus der Umgebung leicht versorgt werden kann, wird die Korrosions-Reaktion zu einer Sauerstoff verbrauchenden Korrosions-Reaktion, dargestellt durch die nachstehend angegebenen chemischen Reaktions-

gleichungen (5) und (6). Die Wasserstoff-Absorption im Innern der Laufringe wird auf diese Weise kontrolliert und es kann eine Verminderung der Lager-Lebensdauer als Folge einer Wasserstoff-Versprödung vermieden werden.

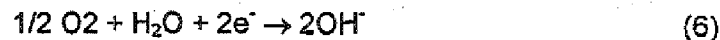
Auch in diesem Fall wirken die Carbide in dem Riß noch als Kathode, die Reaktion der chemischen Reaktionsgleichung (3), die eine Wasserstoff-Versprödung bewirkt, läuft jedoch auf den Carbiden kaum ab. Es ist vielmehr die Reaktion der chemischen Reaktionsgleichung (4), die hauptsächlich auf den Carbiden abläuft. Deshalb tritt keine Wasserstoff-Absorption im Innern der Laufringe auf.

10

Anodenreaktion:

15

Kathodenreaktion:



Eine Metallmatrix, die elektrochemisch edel wird, kann mit geringen Kosten erhalten werden durch Erhöhung der Abschreck-Austenit-Konzentration in dem Lagermaterial, das einer vollständigen Härtung und Temperung (Vergütung) unterworfen worden ist. Es werden die folgenden Verfahren angewendet zur Erhöhung der Abschreck-Austenit-Konzentration.

25 Verfahren zur Erhöhung der Abschreck(Rest)-Austenit-Konzentration

- (1) Einstellung der Temperatur, bei der Austenit mit der martensitischen Umwandlung beginnt (Ms-Punkt).

30 Der Ms-Punkt wird bestimmt durch die chemischen Komponenten des Werkstoffstahls, die Konzentration des Oberflächen-Kohlenstoffs oder -Stickstoffs, der durch Carburierung oder Carbonitrierung zugegeben wird, die metallurgi-

(5) Nicht-Durchführung einer Kalthärtung, beispielsweise eines Kugelstrahlens (Stahlsandblasens)

Wenn das Kugelstrahlen (Stahlsandblasen) nicht durchgeführt wird, ist die Abschreck-Austenit-Konzentration höher als dann, wenn sie durchgeführt wird.

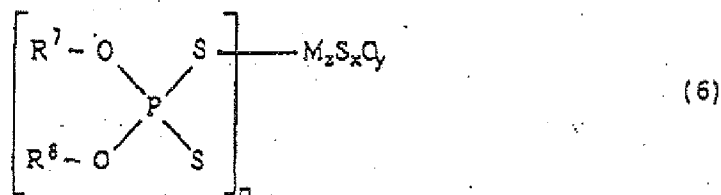
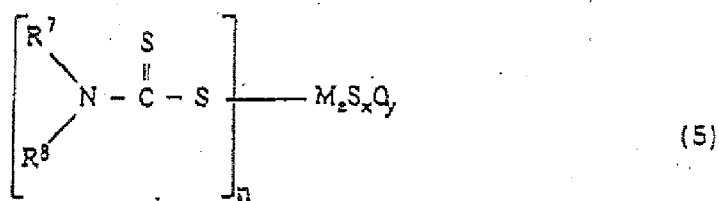
Es ist nicht nur technisch schwierig, sondern wirtschaftlich nachteilig, die Korrosionsreaktion zu kontrollieren durch Verwendung eines solchen hochlegierten Stahls wie rostfreier Stahl (SUS 440C) als Lagermaterial, wie weiter oben angegeben. Es ist bevorzugt, einen niedriglegierten Stahl als Werkstoffstahl für Lager zu verwenden. So ist es beispielsweise zweckmäßig, einen niedrig legierten Stahl zu verwenden, der 0,10 bis 1,10 Gew.-% C, 0,75 Gew.-% oder weniger Si, 1,70 Gew.-% oder weniger Mn, 1,80 Gew.-% oder weniger Cr, 1,50 Gew.-% oder weniger Mo, 4,50 Gew.-% oder weniger Ni, 0,30 Gew.-% oder weniger Cu, 0,050 Gew.-% oder weniger Al und als Rest Eisen und unvermeidliche Verunreinigungen (O, S, Ti und dgl.) enthält, als Werkstoffstahl für verschiedene Teile eines Lagers zu verwenden und die gewünschte Wärmebehandlung mit dem Werkstoffstahl durchzuführen zur Herstellung von Lagerteilen mit der gewünschten Oberflächenhärte.

Da die Korrosionsreaktion auf den Laufringen bei den kleinen Rissen beginnt, die zwischen den nicht-metallischen Einschlüssen und der Metallmatrix entstehen, ist es auch bevorzugt, zur Korrosions-Verhinderung die Bildung von nicht-metallischen Einschlüssen zu unterdrücken. Zu diesem Zweck ist es erwünscht, daß der Sauerstoff-Gehalt, der Schwefel-Gehalt und der Titan-Gehalt, die zur Bildung von Oxiden, Sulfiden oder Titan-Verbindungen führen, welche die nicht-metallischen Einschlüsse aufbauen, auf 9 ppm oder weniger, 50 ppm oder weniger bzw. 40 ppm oder weniger herabgesetzt werden. Um einen zufriedenstellenden innigen Kontakt zwischen den nicht-metallischen Einschlüssen und der Metallmatrix zu erzielen, um dadurch die Bildung von kleinen Rissen (Spalten) in dieser Grenzfläche zu vermeiden, ist es zweck-

- Ein organisches Metallsalz wird üblicherweise in Schmiermitteln als ein Additiv, beispielsweise ein Extremdruckmittel oder als Teil eines Antioxydationsmittels verwendet. Ein Schmiermittel, das ein organisches Metallsalz enthält, bildet einen chemischen Reaktionsfilm auf der Oberfläche eines Stahllager-
- 5 Materials. Das heißt, die Anwesenheit eines organischen Metallsalzes in dem Schmiermittel ergibt einen festen Reaktionsfilm, der aus dem organischen Metallsalz in den kleinen Rissen (Spalten) besteht, die zwischen den auf der Oberfläche des Lagermaterials vorhandenen nicht-metallischen Einschlüssen und der Metallmatrix entstehen. Dadurch wird ein Metall-Metall-Kontakt ver-
- 10 hindert und der Reibungskoeffizient wird vermindert, wodurch Verbesserungen in bezug auf die Belastungs-Beständigkeit, die Beständigkeit gegen Festfressen und die Abriebsbeständigkeit erzielt werden.

- Außerdem ist dann, wenn ein spezifisches organisches Metallsalz dem
- 15 Schmiermittel einverleibt wird und der vorstehend beschriebene feste Reaktionsfilm in den kleinen Rissen (Spalten) gebildet wird, bevor die Korrosionsreaktion vom Wasserstoff-Entwicklungs-Typ stattfindet, das Fortschreiten der Kathodenreaktion, dargestellt durch die chemische Reaktionsgleichung (2) eingeschränkt oder es wird verhindert, daß die an der Oberfläche des Lager-
- 20 materials adsorbierten Wasserstoffatome in das Innere des Lagermaterials diffundieren. Als Folge davon wird ein frühes Abblättern (Ausbrechen) des Lagermaterials vermieden, wodurch die Lager-Lebensdauer L verbessert wird.

- Zu organischen Metallsalzen, die eine solche Wirkung und einen solchen Ef-
- 25 fekt ergeben, gehören Dialkyldithiocarbaminsäure(DTC)-Verbindungen, dargestellt durch die Formel (5) und Dialkyldithiophosphorsäure(DTP)-Verbindungen, dargestellt durch die Formel (6):



worin bedeuten:

n die Zahl 2, 3 oder 4:

x, y und z die Zahl 0, 1, 2, 3 oder 4;

M ein Metallatom, insbesondere Sb, Bi, Sn, Ni, Te, Se, Fe, Cu, Mo oder

Zn:

R⁷ und R⁸, die gleich oder verschieden sein können, jeweils eine Alkylgruppe, eine Cycloalkylgruppe, eine Alkenylgruppe, eine Arylgruppe, eine Alkylarylgruppe oder eine Arylalkylgruppe.

20 Zu besonders bevorzugten Gruppen R⁷ und R⁸ gehören eine 1,1,3,3-Tetramethylbutylgruppe, eine 1,1,3,3-Tetramethylhexylgruppe, eine 1,1,3-Trimethylhexylgruppe, eine 1,3-Dimethylbutylgruppe, eine 1-Methylundecangruppe, eine 1-Methylhexylgruppe, eine 1-Methylpentylgruppe, eine 2-Ethylbutylgruppe, eine 2-Ethylhexylgruppe, eine 2-Methylcyclohexylgruppe, eine 3-Heptylgruppe, 25 eine 4-Methylcyclohexylgruppe, eine n-Butylgruppe, eine Isobutylgruppe, eine Isopropylgruppe, eine Isoheptylgruppe, eine Isopentylgruppe, eine Undecylgruppe, eine Eicosylgruppe, eine Ethylgruppe, eine Octadecylgruppe, eine Octylgruppe, eine Cyclooctylgruppe, eine Cyclododecylgruppe, eine Cyclopentylgruppe, eine Dimethylcyclohexylgruppe, eine Decylgruppe, eine Tetradecylgruppe, eine Docosylgruppe, eine Dodecylgruppe, eine Tridecylgruppe, eine 30 Trimethylcyclohexylgruppe, eine Nonylgruppe, eine Propylgruppe, eine Hexadecylgruppe, eine Hexylgruppe, eine Heneicosylgruppe, eine Heptadecylgruppe,

(2) Zugegebene Menge des Reaktionsfilmbildungsmittels

Während das organische Metallsalz oder die ADTC die Wirkung hat, einen Reaktionsfilm in den kleinen Spalten (Rissen) zu bilden zur Unterdrückung des Fortschreitens der vorstehend beschriebenen Korrosions-Reaktion, ist ein ausreichender Effekt nicht festzustellen, wenn sein Gehalt nicht $\geq 0,1$ Gew.-% ist. Die obere Grenze des Gehaltes braucht nicht definiert zu werden, die als Reaktionsfilmbildungsmittel verwendeten Verbindungen sind jedoch verhältnismäßig teuer und eine übermäßige Zugabe des Reaktionsfilmbildungsmittels kann die Reaktion mit dem Lagermaterial in abnormer Weise beschleunigen zur Induktion von Korrosion oder abnormem Verschleiß. Wenn man diese Aspekte berücksichtigt, ist der Gehalt an Reaktionsfilmbildungsmittel vorzugsweise beschränkt auf 10 Gew.-% oder weniger. Bei dieser speziellen Ausführungsform der Erfindung wird die zuzugebende Menge des Reaktionsfilmbildungsmittels auf 0,1 bis 10 Gew.-% festgesetzt. Ein besonders bevorzugter Bereich der Menge beträgt 0,1 bis 5 Gew.-%.

(3) Wasserstoffionenexponenten-pH-Wert

Selbst wenn der Wasserstoffionenexponenten-pH-Wert in einem sauren Bereich von 7 oder darunter liegt, kann ein frühes Abblättern (Ausbrechen) des Lagermaterials verhindert werden durch Einarbeitung des Reaktionsfilmbildungsmittels, welches das organische Metallsalz oder die ADTC enthält, in das Schmiermittel. Die bloße Zugabe des Reaktionsfilmbildungsmittels reicht jedoch nicht aus. Das heißt, mit Wasser in dem Schmiermittel wird dort, wo ein frischer kleiner Riß (Spalt) durch die Zugspannung gebildet wird, angenommen, daß die vorstehend beschriebene Korrosionsreaktion vom Wasserstoff-Entwicklungs-Typ (chemische Reaktionsgleichungen (1) bis (4)) abläuft in der Nähe des Eingangs des Risses (Spalts) unmittelbar nach der Rißbildung. Eine solche Korrosionsreaktion schreitet fort in Konkurrenz zur Bildung von Korrosionsprodukten. Wenn die Wasserstoffionen-Konzentration des Schmiermittels hoch ist, d.h., wenn der Wasserstoffionenexponenten-pH-Wert niedrig ist, wird

die Bildungsrate der Korrosionsprodukte hoch, so daß der Reaktionsfilm in dem Riß (Spalt) nicht ausreichend gebildet wird, was dazu führt, daß eine Wasserstoff-Absorption im Innern des Lagermaterials nicht ausreichend unterdrückt wird. Daher ist es erforderlich, die Wasserstoffionen-Konzentration durch Zugabe eines alkalischen pH-Einstellungsmittels zu kontrollieren. Bei dieser speziellen Ausführungsform wird die untere Grenze des Wasserstoffionenexponenten-pH-Wertes zur Sicherstellung einer ausreichenden Lager-Zuverlässigkeit auf 5 festgesetzt.

10 Andererseits besteht selbst dort, wo ein Polyolesteröl verwendet wird, das die besten Schmier-Eigenschaften der synthetischen Grundöle aufweist, wenn Wasser in das Schmiermittel einsickert und der Wasserstoffionenexponenten-pH-Wert 13 übersteigt, die Möglichkeit, daß das Grundöl durch Hydrolyse abgebaut wird. Daher wird die Obergrenze des Wasserstoffionenexponenten-pH-
15 Wertes bei dieser Ausführungsform auf 13 festgesetzt, um diesen Nachteil zu vermeiden. Aus diesen Gründen liegt der Wasserstoffionenexponenten-pH-Wert bei der zweiten Ausführungsform in dem Bereich von 5 bis 13.

Dritte Ausführungsform

20 Bei der dritten Ausführungsform zur Durchführung der Erfindung werden Teilchen, die eine anorganische Verbindung mit einer durchschnittlichen Teilchengrößen von 2 μm oder kleiner umfassen, dem Schmiermittel in einer Menge von 0,001 bis 3 Gew.-% einverleibt, um die Ölfilmbildung zwischen der

25 Wälzoberfläche und der Laufbahn-Oberfläche zu verbessern, um dadurch die Tangentialkraft zwischen der Wälzoberfläche und der Laufbahn-Oberfläche zu verringern. Durch die Herabsetzung der Tangentialkraft wird die Bildung von kleinen Rissen (Spalten) unterdrückt, wodurch eine verbesserte Haltbarkeit des Wälzlagers erzielt wird.

30 Das Fortschreiten der Korrosion an den Lagerstellen kann wirksam nicht nur durch Unterdrückung des Fortschreitens der chemischen Reaktionsgleichung

(2) gemäß der ersten Ausführungsform, sondern auch durch Unterdrückung der Bildung Risse (Spalten) selbst zwischen nicht-metallischen Einschlüssen und der Metallmatrix auf der Lauftring-Oberfläche verhindert werden.

- 5 Die Bildung von Rissen kann unterdrückt werden durch Herabsetzung der Tangentialkraft zwischen der Wälzoberfläche und der Laufbahn-Oberfläche und die Herabsetzung der Tangentialkraft kann erzielt werden durch Verbesserung der Ölfilm-Bildung zwischen der Wälzoberfläche und der Laufbahn-Oberfläche.

10

Dort, wo ein Ölfilm gebildet und in ausreichenden Maße zwischen der Wälzoberfläche und der Laufbahn-Oberfläche aufrechterhalten wird, wirkt er wie ein Puffer, der einen Dämpfungseffekt ergibt zur Verringerung der Resonanz-Vibrationsschwingungen und dgl. und der maximalen Belastung, die auf die Wälzkörper einwirkt, wie aus "NSK Technical Journal, Nr. 656, S. 1 (1993) (nachstehend als "Literaturstelle 7" bezeichnet) bekannt. Durch Verbesserung dieses Dämpfungseffekts des Schmiermittels wird die Tangentialkraft zwischen der Wälzoberfläche und der Laufbahn-Oberfläche verringert, wodurch die Bildung von kleinen Rissen unterdrückt wird.

20

Die Grundöle, die Verdickungsmittel und die pH-Einstellungsmittel des Schmiermittels sind die gleichen wie diejenigen, wie sie bei der ersten und der zweiten Ausführungsform verwendet worden sind. Nachstehend werden die Teilchen, die eine anorganische Verbindung umfassen, und der Wasserstoffionenexponenten-pH-Wert, welche die dritte Ausführungsform charakterisieren, erläutert.

25

- (1) Zusammensetzung der eine anorganische Verbindung umfassenden Teilchen

30

Die Teilchen, die eine anorganische Verbindung umfassen, sind in dem Schmiermittel gleichförmig dispergiert. Selbst dort, wo auf den Ölfilm eine ho-

5

15

25

30

Wie oben angegeben, trägt die Zugabe von Teilchen, die eine anorganische Verbindung umfassen, zu dem Schmiermittel zu einer Verbesserung der Lager-Haltbarkeit bei, der erwartete Effekt kann jedoch nicht in ausreichendem Maße erzielt werden, wenn die zugegebene Menge weniger als 0,001 Gew.-%

5

15

25

30

wodurch die Beständigkeit gegen Festfressen vermindert wird. Daher wird bei dieser Ausführungsform das aromatische Ring-Molverhältnis Z auf einen Bereich von 0,5 bis 0,95 eingestellt und die Verbindungen der Formeln (12) bis (14) werden in geeigneter Weise miteinander gemischt zur Herstellung eines

5 Verdickungsmittels, welches dieses Verhältnis aufweist.

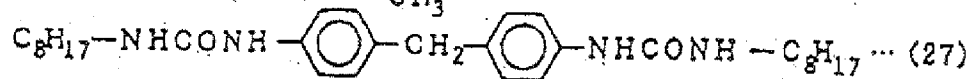
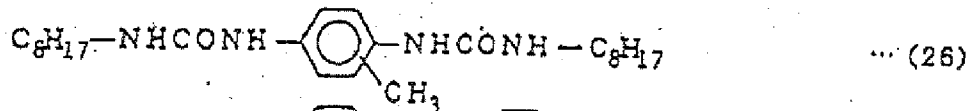
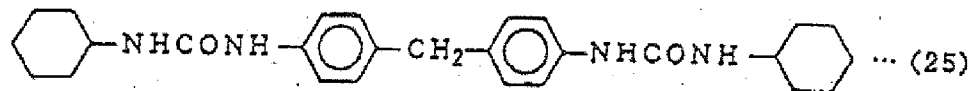
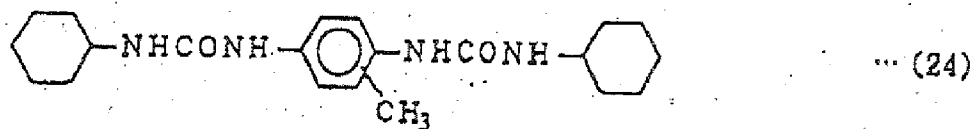
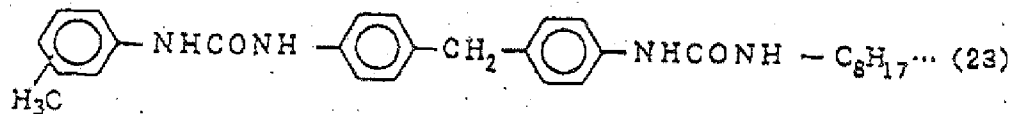
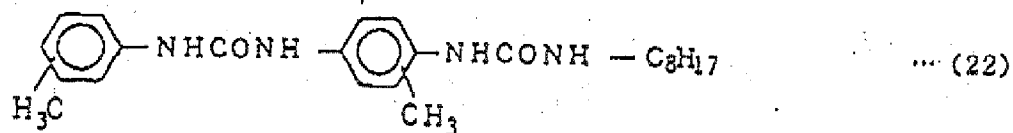
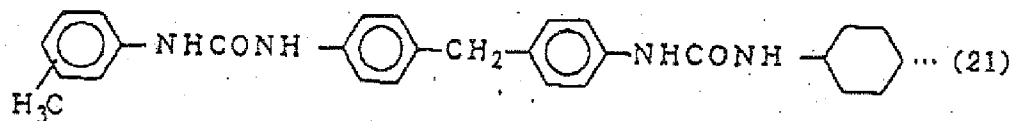
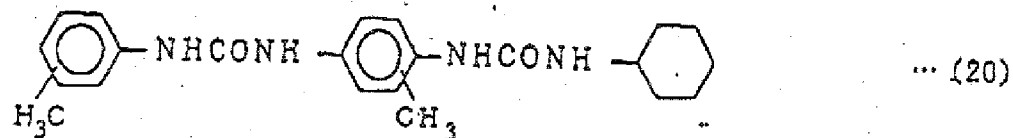
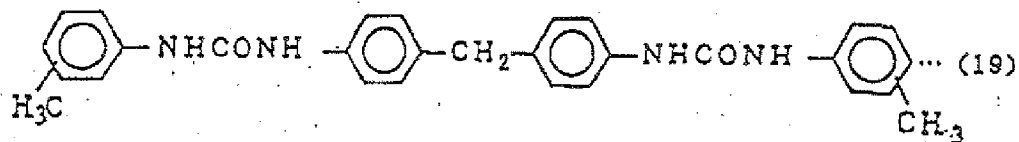
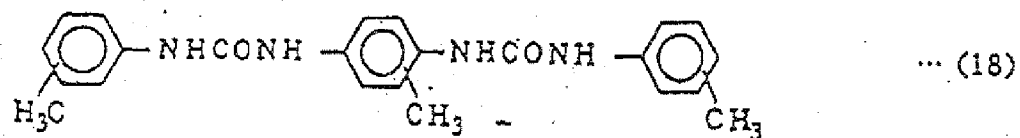
Wenn der nicht-aromatische Aminrest R¹⁶ eine Alkylcyclohexylgruppe darstellt, beträgt das aromatische Ring-Molverhältnis Z vorzugsweise 0,65 bis 0,85.

Wenn der nicht-aromatische Aminrest R^{16} eine geradkettige Alkylgruppe dar-
stellt, beträgt das aromatische Ring-Molverhältnis Z vorzugsweise 0,70 bis
0,95.

Wenn der Verdickungsmittel-Gehalt in dem Schmiermittel weniger als 8 Gew.-
% beträgt, ist das Gelbildungsvermögen unzureichend, um eine ausreichende
15 Härte zu erzielen, und das Austreten (Lecken) des Schmiermittels nimmt zu.

Wenn der Gehalt 35 Gew.-% übersteigt, ist andererseits die Haltbarkeit (Lebensdauer) unter Hochtemperatur- und Hochgeschwindigkeits-Bedingungen deutlich beeinträchtigt. Bei dieser Ausführungsform ist daher der Verdickungsmittel-Gehalt in dem Schmiermittel auf einen Wert in dem Bereich von 8 bis 35 Gew.-% beschränkt und er liegt vorzugsweise in einem Bereich von 17 bis 33 Gew.-%.

Was die Formeln (12) bis (14) angeht, so umfassen die durch die Formel (12) dargestellten Diharnstoff-Verbindungen beispielsweise Verbindungen mit den Struktur-Formeln (18) und (19); die Diharnstoff-Verbindungen der Formel (13) umfassen beispielsweise Verbindungen mit den Struktur-Formeln (21) bis (23); und die durch die Formel (14) dargestellten Diharnstoff-Verbindungen umfassen beispielsweise Verbindungen mit den Struktur-Formeln (24) bis (27):



- Die Abschreck-Austenit-Differenz $\Delta\gamma_R$ wird erhalten durch Subtrahieren der Abschreck-Austenit-Konzentration auf der Wälzoberfläche der Wälzkörper von derjenigen auf der Laufbahn-Oberfläche der Laufringe. Wenn eine Differenz in bezug auf die Abschreck-Austenit-Konzentration zwischen dem inneren
- 5 Laufring und dem äußeren Laufring besteht, wird die höhere Konzentration für die Berechnung zur Ermittlung der Differenz $\Delta\gamma_R$ verwendet.

- Die Tabelle 1 zeigt die Einzelheiten des Schmierfettes, das dem Haltbarkeits-
test (Stabilitätstest) unterworfen wurde, und die Ergebnisse des Haltbarkeits-
10 tests (Stabilitätstests).

Tabelle 1

La- ger Nr.	Verdickungsmittel			Grundöl		Walk- konsistenz (NLGI-Grad)	pH-Einstellungs- mittel		pH-Wert des Fettes	Wasser-Kon- zentration des Fettes vor dem Test (Gew.%)	Ergebnisse des Stabilitätstests					
	Art	Menge (Gew.%)	Art	dynamische Viskosität (mm ² /s bei 40°C)	Art		Menge (Gew.%)	gut			gut	gut	gut	gut	gut	
1	A	20	PAO	48		Nr. 2	Oca	5	9.1	0.11	gut	gut	gut	gut	gut	gut
2	A	20	PAO	48		Nr. 2	SEA	5	9.5	0.08	gut	gut	gut	gut	gut	gut
3	B	15	PAO	48		Nr. 3	Na ₂ CO ₃	3	8.0	0.15	gut	gut	gut	gut	gut	gut
4	B	15	DAPE	100		Nr. 3	K ₂ CO ₃	0.5	9.6	0.07	gut	gut	gut	gut	gut	gut
5	A	20	DAPE	100		Nr. 2	StLi	7	7.0	0.09	gut	gut	gut	gut	gut	gut
6	B	10	PAO	48		Nr. 2	StLi	12	9.9	0.12	gut	gut	gut	gut	gut	gut
7	B	10	PAO	48		Nr. 2	NaOH	1	12.0	0.09	gut	gut	gut	gut	gut	gut
8	B	10	PAO	48		Nr. 2	NaOH	2	13.0	0.09	gut	gut	gut	gut	gut	gut
51	A	20	PAO	48		Nr. 2	-	0	5.4	0.10	schlecht (420h)	schlecht (399h)	schlecht (370h)	schlecht (330h)	schlecht (240h)	schlecht (125h)
52	B	15	DAPE	100		Nr. 3	-	0	3.8	0.14	schlecht (389h)	schlecht (254h)	schlecht (208h)	schlecht (184h)	schlecht (125h)	schlecht (70h)
53	B	15	DAPE	100		Nr. 3	Oca	0.01	5.7	0.08	gut (560h)	schlecht (451h)	schlecht (390h)	schlecht (321h)	schlecht (240h)	schlecht (70h)
54	B	15	DAPE	100		Nr. 3	Oca	0.09	6.9	0.15	gut	gut	gut	schlecht (709h)	schlecht (650h)	schlecht (150h)

* Diarnstoff-Verbindung A oder B

Die als Verdickungsmittel in den Beispielen 1, 2 und 5 und in dem Vergleichsbeispiel 51 verwendete Diharnstoff-Verbindung A ist ein Gemisch von 4,4'-Diphenylmethandiisocyanat (MDI) mit einer Diphenylmethylgruppe als einem Diisocyanat-Rest R^2 und Cyclohexylamin (CHA) mit einer Cyclohexylgruppe als einem Amin-Rest R^1 und R^3 in einem Molverhältnis von 1:2.

Die in den Beispielen 3, 4 und 6 bis 8 und in den Vergleichsbeispielen 52 bis 54 verwendete Diharnstoff-Verbindung B ist ein Gemische von MDI, Cyclohexylamin (CHA) und Stearylamin (StA) in einem Molverhältnis von 1:1:1. In der Diharnstoff-Verbindung B ist der Diisocyanat-Rest R^2 eine Diphenylmethylgruppe; der Aminrest R^1 ist eine Cyclohexylgruppe; und der Amin-Rest R^3 ist eine Octadodecylgruppe (d.h. eine Stearylgruppe).

Als Grundöl wurde in den Beispielen 1 bis 3 und 6 bis 8 und in dem Vergleichsbeispiel 51 ein Poly- α -olefin (PAO) mit einer dynamischen Viskosität von 48 mm²/s bei 40°C verwendet und in den Beispielen 4 und 5 und in den Vergleichsbeispielen 52 bis 54 wurde ein Dialkyldiphenylether (DAPE) mit einer dynamischen Viskosität bei 40°C von 100 mm²/s verwendet.

Obgleich das Verfahren zur Herstellung des Schmierfettes keiner speziellen Beschränkung unterliegt, wurde das hier verwendete Schmierfett wie folgt hergestellt: eine vorher festgelegte Menge MDI wurde zu dem Grundöl zugegeben und die Mischung wurde bei einer für die Reaktion erforderlichen vorgegebenen Temperatur (70 bis 80°C) gehalten. Es wurden die vorgeschriebenen Mengen an Stearylamin (StA) und/oder Cyclohexylamin (CHA) zugegeben, um die Reaktion herbeizuführen. Die Reaktionsmischung wurde unter Rühren bis auf 160°C erhitzt und gleichzeitig wurden 0,5 Gew.-% eines 2,6-Di-t-butyl-p-cresol-Derivats als Antioxdationsmittel zugegeben, danach wurde die Mischung unter Rühren bis auf etwa Raumtemperatur (etwa 20°C) abkühlen gelassen. Während die Mischung abkühlen gelassen wurde, wurden 3 Gew.-% Bariumdinonylnaphthalinsulfonat, das vorher dispergiert oder gelöst worden war, als Rostinhibitor zugegeben und es wurde ein vorgeschriebenes pH-

Wert-Einstellungsmittel zugegeben. Schließlich wurde das Reaktionsprodukt, das auf etwa Raumtemperatur abgekühlt worden war, in einer Kugelmühle gemahlen zur Herstellung eines Schmierfettes.

- 5 Das in Beispiel 1 und in den Vergleichsbeispielen 53 und 54 verwendete pH-Einstellungsmittel war Octylamin (OcA), in Beispiel 2 wurde Stearylamin (StA) verwendet, in Beispiel 3 wurde Na_2CO_3 verwendet, in Beispiel 4 wurde Kaliumcarbonat (K_2CO_3) verwendet, in den Beispielen 5 und 6 wurde Lithiumstearat (StLi) verwendet und in den Beispielen 7 und 8 wurde NaOH verwendet. In
- 10 den Vergleichsbeispielen 51 und 52 wurde kein pH-Einstellungsmittel verwendet.

- Das Wasserstoffionenexponenten-pH-Wert wurde wie folgt gemessen: es wurde ein Lösungsmittel hergestellt aus Toluol, 2-Propanol und Wasser in einem
- 15 Volumenverhältnis Toluol:2-Propanol:Wasser von 500:495:5. In 50 ml der resultierenden Lösungsmittelmischung wurden 0,1 g des oben hergestellten Schmierfettes bei 25°C gelöst und der Wasserstoffionenexponenten-pH-Wert der Lösungsmittelmischung wurde mit einem pH-Messer bestimmt. Der ermittelte Wert wurde als Wasserstoffionenexponenten-pH-Wert des Schmierfettes
- 20 verwendet.

- Bei dem in der Tabelle 1 verwendeten Ausdruck "Walkkonsistenz" handelt es sich um einen Wert, der die Weichheit (Geschmeidigkeit) des Schmierfettes anzeigt. Das Mischungsverhältnis zwischen Grundöl und Verdickungsmittel
- 25 wurde so eingestellt, daß das Schmierfett eine Walkkonsistenz Nr. 2 (265 bis 295) oder Nr. 3 (220 bis 250) entsprechen den NLGI-Graden aufwies, die für geschlossene Lager praktikabel ist.

- Die Bedingungen des Stabilitätstests waren folgende:
- 30

Stabilitätstest

Test-Belastung F: 1890 N

durchschnittliche Drehzahl(n) der rotierenden Welle: 8000 UpM (2000 bis
14 000 UpM)

Schmiermittel: charakteristisches Schmierfett

Menge des Schmierfettes: 2,3 g

5

In der Stabilitätstest-Vorrichtung (in der Zeichnungen nicht dargestellt) entsprach die Testbelastung der Zugspannung eines Treibriemens (Keilriemens), der über die Riemenscheibe lief. Das heißt, die Zugspannung des Treibriemens wirkte auf die Riemenscheibe ein. Die angelegte Belastung wirkte auf
10 das Lager auf der Seite der Riemenscheibe und auf das Lager auf der gegenüberliegenden Seite ein. Die Zugspannung des Treibriemens wurde so eingestellt, daß eine Belastung von 1890 N (Test-Belastung) auf das Lager auf der Seite der Riemenscheibe einwirkte.

15 Die Rotationsgeschwindigkeit der Antriebswelle wurde wiederholt variiert zwischen 2000 UpM und 14000 UpM, wobei 30 s für eine Beschleunigung von 2000 auf 14000 UpM und 30 s für eine Verlangsamung von 14 000 auf 2 000 UpM benötigt wurden.

20 In diesem ersten Beispiel konnte das Schmiermittel einen Wassergehalt aufweisen, obgleich dem Schmiermittel kein Wasser zugesetzt worden war, selbst wenn kein Wasser von außen in das Schmiermittel einsickerte, weil das Schmiermittel Feuchtigkeit aus der Atmosphäre absorbierte. Der Wassergehalt des Schmiermittels vor dem Stabilitätstest betrug, wie gefunden wurde,
25 0,08 bis 0,15 Gew.-%, wie in der Tabelle 1 angegeben, bestimmt nach dem Karl Fischer-Verfahren.

Der Stabilitätstest (Haltbarkeitstest) wurde mit 5 Lagern für jedes der Beispiele 1 bis 8 und der Vergleichsbeispiele 51 bis 54 durchgeführt. Die Laufzeit des
30 ersten Lagers bis zum Auftreten einer Abblätterung (eines Ausbrechens) wurde als Lager-Lebensdauer L genommen, die verglichen wurde mit der Nenn-

Lebensdauer L_{10} des Lagers zur Beurteilung der Stabilität (Haltbarkeit) des Lagers).

- Der hier verwendeten Ausdruck "Nenn-Lebensdauer L_{10} " bezeichnet eine errechnete Lebensdauer, die der Gesamtanzahl der Umdrehungen entspricht, bis zu der 90 % der Anzahl der Lager mit der gleichen Größe und der gleichen Charge sich kontinuierlich drehen, ohne daß ein Abblättern (ein Ausbrechen) als Folge einer Wälz-Ermüdung auftritt. Im Falle von Rillenkugellagern wird die Nenn-Lager-Lebensdauer L_{10} erhalten aus der Grundbewegungs-Nenn-Belastung C (N), der Test-Belastung F (N) und der Anzahl der Umdrehungen n (Upm) der Antriebswelle nach der Gleichung (II):

$$L_{10} = (C/F)^3 \times 10^6 / (60n) \quad (II)$$

- Es ist anerkannt, daß Lager, die durch Anwendung der neuesten Technologie in bezug auf Werkstoffstahl oder Bearbeitung hergestellt worden sind, kein Abblättern (Ausbrechen) innerhalb der Standard-Lebensdauer L_{10} erfahren, so lange ein ausreichender Ölfilm zwischen der Wälzoberfläche der Wälzkörper und der Laufbahn-Oberfläche der Laufringe gebildet wird. Deshalb sollten Wälzlager, auch diejenigen, die Wasser in ihrem Schmiermittel enthalten, mindestens der Nenn-Lebensdauer L_{10} als Maß für die Bewertung der Stabilität genügen. Wenn ein Lager in einer solchen Situation verwendet wird, daß das Lager durch den Wassergehalt in dem Schmiermittel stark beeinflusst wird wegen des Einflusses der Vibrationen und dgl., unabhängig davon, ob Wasser von außen her in das Schmiermittel eindringt oder nicht, kommt es nicht selten vor, daß ein Abblättern (Ausbrechen) innerhalb einer kürzeren Zeit erfolgt als bei der Nenn-Lebensdauer L_{10} . Bei der Bewertung der Stabilität ist es daher erforderlich, daß die Zeit, bei der ein Abblättern (Ausbrechen) auftritt, mindestens gleich der Nenn-Lebensdauer L_{10} ist. In diesem Beispiel, in dem die Grundbewegungs-Nennbelastung C 135 000 N, die Test-Belastung F 1890 N und die durchschnittliche Umdrehungszahl n der rotierenden Well 8000 Upm betragen, ergibt die Gleichung (II) eine Nenn-Lebensdauer L_{10} von 759 h. Es

jedoch ein Abblättern (Ausbrechen) innerhalb von 688 h auf und bei der anderen innerhalb von 640 h.

- 5 Dies zeigt, daß eine Lager-Lebensdauer L , welche die Nenn-Lebensdauer L_{10} übersteigt, für den Fall erhalten werden kann, daß die Abschreck-Austenit-Differenz $\Delta\gamma_R$ auf einen Wert unter Null eingestellt wird, selbst wenn der Wasserstoffionenexponenten-pH-Wert etwas klein ist, verglichen mit dem Fall, bei dem $\Delta\gamma_R \geq \text{Null}$ ist.

10 Zweites Beispiel

- In einem zweiten Beispiel wurden mehrere Arten von Schmierfett hergestellt, die ein organisches Metallsalz oder ADTC enthielten und deren Wasserstoffionenexponenten-pH-Wert mit einem pH-Einstellungsmittel eingestellt wurde, wobei das resultierende Schmierfett im Innern von Rillenkugellagern eingeschlossen war und es wurde ein Stabilitätstest (Haltbarkeitstest) auf die gleiche Weise wie in dem ersten Beispiel durchgeführt.

- In dem zweiten Beispiel wurde das Schmierfett wie folgt hergestellt: als Grundöl wurde ein Poly- α -olefin (PAO) mit einer dynamischen Viskosität bei 40°C von 48 mm²/s verwendet, dem 15 Gew.-% Diharnstoff-Verbindungen als Verdickungsmittel zugesetzt wurden. Insbesondere wurde MDI dem Grundöl PAO zugegeben und die resultierende Lösung wurde bei einer für die Reaktion erforderlichen Temperatur (70 bis 80°C) gehalten. Zu der Lösung wurden 1 mol Cyclohexylamin (CHA) und 1 mol Octadecylamin pro mol MDI zugegeben, um die Reaktion zu bewirken. Danach wurde die Reaktionsmischung unter Rühren bis auf eine Temperatur von 160°C erhitzt und gleichzeitig wurden 0,5 Gew.-% eines 2,6-Di-*t*-butyl-*p*-cresol-Derivats als Antioxidationsmittel zugegeben, danach wurde bis auf etwa Raumtemperatur (etwa 20°C) unter Rühren abkühlen gelassen. Während die Mischung abgekühlt gelassen wurde, wurden 3 Gew.-% Bariumdinonylnaphthalinsulfonat, das vorher dispergiert oder gelöst worden war, als Rost-Inhibitor zugegeben und es wurden ein vorgeschriebenes

nes pH-Einstellungsmittel und ein vorgeschriebenes organisches Metallsalz oder ADTC zugegeben. Schließlich wurde das Reaktionsprodukt, das auf etwa Raumtemperatur abgekühlt worden war, in einer Kugelmühle gemahlen zur Herstellung eines Schmierfettes.

5

Das Schmierfett wurde so gemischt, daß es eine Walkkonsistenz Nr. 2 (265 bis 295) gemäß den NLGI-Graden aufwies, die für geschlossene Lager praktikabel ist.

- 10 Die Spezifikationen der Testlager, die Bedingungen des Stabilitätstests (Haltbarkeitstest) und das Verfahren zur Wasserstoffionenexponenten-pH-Wertmessung sind die gleichen wie in dem ersten Beispiel und werden hier nicht mehr beschrieben.
- 15 Die Tabelle 2 zeigt die Einzelheiten des Schmierfettes, das dem Stabilitätstest unterworfen wurde, und die Ergebnisse des Stabilitätstests.

Das in Beispiel 11 verwendete pH-Einstellungsmittel war Octylamin (OcA), in den Beispielen 12 bis 14 wurde Stearylamin (StA) verwendet, in den Beispielen 15 und 16 wurde Natriumoctanoat verwendet und in Beispiel 17 wurde Kaliumcarbonat (K_2CO_3) verwendet. In den Vergleichsbeispielen 61 und 62 wurde
 5 kein pH-Einstellungsmittel verwendet.

In den Beispielen 11 bis 16 und im Vergleichsbeispiel 62 wurde ein organisches Metallsalz als Reaktionsfilmbildungsmittel verwendet. In den Beispielen 11 und 12 wurde insbesondere ein Molybdändialkyldithiocarbamat (MoDTC)
 10 bzw. ein Nickeldialkyldithiocarbamat (NiDTC) verwendet. In Beispiel 13 wurden MoDTC und ein Molybdändialkyldithiophosphat (MoDTP) verwendet und in Beispiel 14 wurden MoDTC und ein Zinkdialkyldithiophosphat (ZnDTP) verwendet. In Beispiel 15 wurde ein Antimondialkyldithiocarbamat (SbDTC) verwendet und in Beispiel 16 wurde ein Wismutdialkyldithiocarbamat (BiDTC)
 15 verwendet. Im Vergleichsbeispiel 62 wurde ein Tellurdialkyldithiocarbamat (TeDTC) verwendet. In Beispiel 17 wurde ADTC verwendet.

Wie aus der Tabelle 2 hervorgeht, genügte in dem Vergleichsbeispiel 61, bei dem kein Reaktionsfilmbildungsmittel zugegeben wurde und der Wasserstoffionenexponenten-pH-Wert nur 3,2 betrug, keine der Proben der Nenn-Lebensdauer L_{10} (=759 h), weil das Fortschreiten der Kathodenreaktion in der Korrosionsreaktion vom Wasserstoff-Entwicklungs-Typ nicht unterdrückt wurde. Bei einigen Proben trat innerhalb eines extrem kurzen Zeitraums ein Abblättern (Ausbrechen) auf. In dem Vergleichsbeispiel 62, in dem ein organi-
 20 sches Metallsalz zugegeben wurde, war die Stabilität (Haltbarkeit) bis zu einem gewissen Grade verbessert, bei einigen Proben trat jedoch innerhalb der Nenn-Lebensdauer L_{10} ein Abblättern (Ausbrechen) auf. Die in dem Vergleichsbeispiel 62 als "mittelmäßig" bewertete Probe wurde in dem Haltbarkeitstest nicht stark beschädigt, die Prüfung nach dem Test zeigte jedoch ein
 25 geringfügiges Abblättern.
 30

Die Beispiele 11 bis 17 zeigen die Fälle, in denen der Wasserstoffionenexponenten-pH-Wert auf ≥ 5 eingestellt wurde, so daß er in dem Bereich von 5,2 bis 5,7 lag, und es wurden 1,0 bis 3,0 Gew.-% eines Reaktionsfilmbildungsmittels (eines organischen Metallsalzes oder von ADTC) zugegeben. Alle Proben
5 dieser Beispiele ergaben eine Lager-Lebensdauer L die größer oder gleich war wie die Nenn-Lebensdauer L_{10} , was zeigt, daß sie stabil (haltbar) waren, wie erwartet.

Dann wurde ein Schmierfett hergestellt, dessen Wasserstoffionenexponenten-
10 pH-Wert durch Zugabe von 0,01 Gew.-% StA als pH-Wert-Einstellungsmittel auf 5,1 bis 5,3 eingestellt wurde und das TeDTC als Reaktionsfilmbildungsmittel in einer variablen Menge enthielt, und es wurde die Beziehung zwischen der Menge an Reaktionsfilmbildungsmittel und dem Abblättern des Lagers (Lager-Lebensdauer L) geprüft.

15 Das heißt, es wurde ein Schmierfett mit einem Wasserstoffionenexponenten-pH-Wert, der auf 5,1 bis 5,3 eingestellt war, und mit einem variierenden TeDTC-Gehalt hergestellt und in den vorstehend beschriebenen Rillenkugellagern eingeschlossen. Der Stabilitätstest (Haltbarkeitstest) wurde mit den so
20 hergestellten Lagern durchgeführt, um die Beziehung zwischen der Menge des zugegebenen Reaktionsfilmbildungsmittels und dem Abblättern der Lager (Lager-Lebensdauer L) zu untersuchen.

Die Beziehung zwischen TeDTC als Reaktionsfilmbildungsmittel und dem Ab-
25 blättern (Ausbrechen) ist in der Fig. 1 dargestellt, in der 4 Proben für jedes Schmierfett untersucht wurden. Wie aus der Fig. 1 ersichtlich, begann die Nenn-Lebensdauer L_{10} der Proben anzusteigen, nachdem die Zugabemenge 0,07 Gew.-% überstieg. Daraus ist zu ersehen, daß Mengen von $\geq 0,1$ Gew.-% einen ausreichenden Effekt in bezug auf die Lager-Lebensdauer L haben.

30 Außerdem wurde ein Schmierfett, das 1 Gew.-% ZnDTC als organisches Metallsalz enthielt und dessen Wasserstoffionenexponenten-pH-Wert durch Zu-

gabe einer variierenden Menge OcA als pH-Einstellungsmittel variiert wurde, hergestellt und es wurde die Beziehung zwischen dem Wasserstoffionenexponenten-pH-Wert und dem Abblättern (Ausbrechen) der Lager (Lager-Lebensdauer L) untersucht. Das heißt, es wurde ein Schmierfett hergestellt, das die gleiche Art und gleiche Menge eines Reaktionsfilmbildungsmittels enthielt und einen variablen Wasserstoffionenexponenten-pH-Wert aufwies, und in den vorstehend beschriebenen Rillenkugellagern eingeschlossen. Es wurde ein Stabilitätstest (Haltbarkeitstest) mit den Lagern durchgeführt, um die Beziehung zwischen dem Wasserstoffionenexponenten-pH-Wert und dem Abblättern (Ausbrechen) der Lager (Lager-Lebensdauer L) zu untersuchen.

Die Fig. 2 stellt ein Charakteristik-Diagramm dar, das die Beziehung zwischen dem Wasserstoffionenexponenten-pH-Wert des Schmiermittels und dem Abblättern der Lager zeigt, wobei 4 Proben für jedes Schmierfett untersucht wurden. Wie aus der Fig. 2 hervorgeht, unterlag die Hälfte der Proben einem Abblättern innerhalb eines kürzeren Zeitraums als der Nenn-Lebensdauer L_{10} bei einem Wasserstoffionenexponenten-pH-Wert von 4 oder darunter. Die Lager-Lebensdauer L wies eine Tendenz zur Verbesserung auf bei einem Wasserstoffionenexponenten-pH-Wert von etwa 4,4. Bei einem Wasserstoffionenexponenten-pH-Wert von 5,1 oder höher wurden Wälzlager mit einer Lager-Lebensdauer L erhalten, welche die Nenn-Lebensdauer L_{10} überstieg.

Drittes Beispiel

In dem dritten Beispiel wurden mehrere Arten von Schmierfett hergestellt, das Teilchen aus einer anorganischen Verbindung enthielt und eine durchschnittliche Teilchengröße von $\leq 2 \mu\text{m}$ aufwies und dessen Wasserstoffionenexponenten-pH-Wert mit einem pH-Einstellungsmittel eingestellt wurde, und das resultierende Schmierfett wurde im Innern von Ringkugellagern eingeschlossen, um einen Stabilitätstest (Haltbarkeitstest) auf die gleiche Weise wie in den ersten und zweiten Beispielen durchzuführen. Die Einzelheiten des Schmierfettes,

das dem Stabilitätstest unterzogen wurde, und die Ergebnisse des Stabilitätstests sind in der Tabelle 3 angegeben.

Tabelle 3

Lager Nr.	Verdickungs- mittel		Grundöl		Wirk- konsistenz (NLGI-Grad)	pH-Einstellungs- mittel		pH-Wert des Schmier- fettes	anorganische Verbindung			Ergebnisse des Stabilitätstests			
	Art*	Menge (Gew.-%)	Art	dynamische Viskosität (mm ² /s bei 40°C)		Art	Menge (Gew.-%)		Art	Teil- chen- größe (µm)	Menge (Gew.-%)	gut	gut	gut	gut
21	A	20	PAO	48	270	K ₂ CO ₃	0.05	5.4	MgO	2.0	0.01	gut	gut	gut	gut
22	A	20	DAPE	100	260	OcA	0.01	5.2	MgO	0.01	3.0	gut	gut	gut	gut
23	B	15	DAPE	100	230	StNa	0.1	5.0	MgO	0.01	0.001	gut	gut	gut	gut
24	B	17	PAO	48	220	OcNa	0.05	5.7	MgO	0.01	0.003	gut	gut	gut	gut
25	A	17	PAO	48	283	StA	0.02	5.9	MgO	0.01	1.0	gut	gut	gut	gut
26	B	13	DAPE	100	250	OcA	0.01	6.0	Al ₂ O ₃	0.013	0.5	gut	gut	gut	gut
71	B	15	DAPE	100	227	-	-	3.9	-	-	-	schlecht (399h)	schlecht (208h)	schlecht (184h)	schlecht
72	A	20	PAO	48	273	K ₂ CO ₃	0.02	4.5	MgO	2.0	0.01	gut	gut	schlecht (673h)	schlecht (650h)
73	B	15	DAPE	100	230	StNa	0.05	4.4	MgO	0.01	0.001	gut	schlecht (703h)	schlecht (681h)	schlecht (547h)

Fußnote: * Diharnstoff-Verbindung A oder B.

In dem dritten Beispiel wurde als Verdickungsmittel die Diharnstoff-Verbindung A oder die Diharnstoff-Verbindung B verwendet und als Grundöl wurde PAO oder DAPE ähnlich wie im ersten Beispiel verwendet.

- 5 Das Grundöl und das Verdickungsmittel wurden zur Durchführung der Reaktion miteinander gemischt und die Reaktionsmischung wurde unter Rühren auf 160°C erhitzt. Es wurde ein Antioxidationsmittel zugegeben, danach wurde gründlich gerührt. Während die Mischung abkühlen gelassen wurde, wurden
- 10 vorher festgelegte Mengen eines Rost-Inhibitors, eines vorgeschriebenen pH-Einstellungsmittels und eines Metalloxids mit einer durchschnittlichen Teilchengröße von 2 µm oder kleiner als anorganische Verbindung zugegeben. Nach dem Abkühlen auf Raumtemperatur wurde das Reaktionsprodukt in einer Kugelmühle gemahlen zur Herstellung des Schmierfettes.
- 15 Als pH-Einstellungsmittel wurde K_2CO_3 in Beispiel 21 und im Vergleichsbeispiel 72 verwendet, OcA wurde in den Beispielen 22 und 26 verwendet, StA wurde im Beispiel 25 verwendet, Natriumstearat (StNa) wurde in Beispiel 23 und im Vergleichsbeispiel 73 verwendet und Natriumoctanoat (OcNa) wurde in Beispiel 24 verwendet. Das als anorganische Verbindung verwendete Metal-
- 20 loxid war Al_2O_3 in Beispiel 26 und MgO in den anderen Fällen. Das Schmierfett wurde so gemischt, daß es eine Walkkonsistenz Nr. 2 (265 - 295) oder Nr. 3 (220 - 250) gemäß den NLGI-Graden hatte, was für geschlossene Lager praktikabel ist.
- 25 Die Spezifikationen der Testlager, die Stabilitäts(Haltbarkeits)-Test-Bedingungen und das Verfahren zur Messung der Wasserstoffionenexponenten-pH-Werte waren die gleichen wie im ersten Beispiel und werden hier nicht mehr beschrieben. Für jedes Schmierfett wurden vier Testlager hergestellt.
- 30 Wie aus der Tabelle 3 hervorgeht, wurde die Kathoden-Reaktion (die chemische Reaktionsgleichung (2)) vom Wasserstoff-Entwicklungs-Typ als Korrosionsreaktion am Ablaufen nicht gehindert, da in dem Vergleichsbeispiel 71 kei-

ne anorganische Verbindung zugegeben wurde und der Wasserstoffionenexponenten-pH-Wert nur 3,9 betrug, und keine der Proben erfüllte die Nenn-Lebensdauer L_{10} (=759 h). Bei einer Probe trat innerhalb eines extrem kurzen Zeitraums ein Abblättern (Ausbrechen) auf. Die Vergleichsbeispiele 72 und 73 zeigen eine etwas verbesserte Stabilität aufgrund der zugegebenen MgO-Teilchen, nicht alle Proben ergaben jedoch eine Lager-Lebensdauer L, welche die Nenn-Lebensdauer L_{10} überstieg.

Dagegen wiesen in den Beispielen 21 bis 26, in denen der Wasserstoffionenexponenten-pH-Wert auf 5,2 bis 6,0, d.h. auf ≥ 5 in jedem Fall eingestellt wurde, und 0,001 bis 1,0 Gew.-% eines Metalloxids zugegeben wurden, alle Proben eine Lager-Lebensdauer auf, die länger war oder gleich war der Nenn-Lebensdauer L_{10} , was beweist, daß sie die gewünschte Stabilität aufwiesen.

15 Viertes Beispiel

In dem vierten Beispiel wurden mehrere Arten von Schmierfett hergestellt, die als Verdickungsmittel eine Diharnstoff-Verbindung, enthaltend ein aromatisches Amin, enthielten, und deren Wasserstoffionenexponenten-pH-Wert mit einem pH-Einstellungsmittel eingestellt worden war, und das resultierende Schmierfett wurde im Innern von Ringkugellagern eingeschlossen zur Durchführung eines Stabilitäts(Haltbarkeits)-Tests und eines Schmierfett-Lecktests.

Die Einzelheiten des in dem vierten Beispiel hergestellten Schmierfettes sind in der Tabelle 4 angegeben.

Tabelle 4

Lager Nr.	Verdickungsmittel										Grundöl		Malk- konsistenz	pH-Einstellungs- mittel	
	Diisocyanat		Monoamin						Art	Gewicht (g)	dynamische viskosität (mm ² /s bei 40°C)	Art		Menge- (Gew.%)	
			R ¹⁴ -Komponente		R ¹⁶ -Komponente		aromatisches Ring-Mol- verhältnis Z	Menge (Gew.-%)							
					Gewicht (g)	Art									Gewicht (g)
31	TDI	136	p-Toluidin	133	CHA	31	0.80	30.0	DAPE	700	100	270	K ₂ CO ₃	0.05	
32	MDI	54	p-Toluidin	37	CHA	9	0.80	10.0	DAPE Mineralöl	90 810	200	287	Octa	0.05	
33	MDI	109	p-Toluidin	61	CHA	30	0.65	20.0	DAPE PAO	400 400	70	256	Octa	0.01	
34	TDI	69	Anilin	46	CHA	35	0.55	15.0	PAO Polyol- ester	765 85	400	274	StNa	0.1	
35	MDI	200	p-Toluidin	142	CHA	8	0.95	35.0	DAPE PAO	260 350	50	206	NaOH	0.01	
36	TDI	89	p-Toluidin	104	Octa	7	0.95	20.0	PAO	800	100	295	StNa	0.1	
37	TDI	90	p-Toluidin	77	StA	83	0.70	25.0	DAPE Diester	675 75	80	280	K ₂ CO ₃	0.05	
38	MDI	129	p-Toluidin	55	Octa	66	0.50	25.0	DAPE	750	100	290	StA	0.01	
39	MDI	44	p-Toluidin	24	CHA	12	0.65	8.0	PAO Polyol- ester	460 460	200	308	Octa	1.0	
Beispiele															

Beispiele

Tabelle 4 - Fortsetzung

Lager Nr.	Verdickungsmittel				Grundöl				Wirk- konsistenz	pH-Einstellungs- mittel				
	Diisocyanat		Monoamin				Art	Gewicht (g)		dynamische Viskosität (mm ² /s bei 40°C)	Art	Menge (Gew.%)		
Gewicht (g)		¹⁴ R-Komponente		¹⁶ R-Komponente		aromatisches Menge Ring-Mol- verhältnis Z	(Gew.-%)							
Art		Art	Gewicht (g)	Art	Gewicht (g)									
40	MDI	83	p-Toluidin	28	CHA	39	0.40	15.0	DAPE	850	100	283	StNa	1.0
41	TDI	71	p-Toluidin	26	CcA	153	0.30	25.0	DAPE	750	100	308	K ₂ CO ₃	0.2
81	MDI	109	p-Toluidin	61	CHA	30	0.65	20.0	DAPE	400	70	256	OcA	0.001
									PAO	400				
82	TDI	89	p-Toluidin	104	CcA	7	0.95	20.0	PAO	600	100	295	StNa	0.1

In dem vierten Beispiel wurde als Verdickungsmittel Tolyldiisocyanat (TDI) oder MDI, in dem der Diisocyanat-Rest R^{15} eine Tolygruppe bzw. eine Diphenylmethylgruppe ist, verwendet. p-Toluidin oder Anilin, das eine Tolygruppe bzw. eine Phenylgruppe aufweist, als aromatischer Amin-Rest R^{14} wurde als R^{14} -Komponente verwendet und Cyclohexylamin (CHA), Stearylamin (StA) oder Octylamin (OcA) mit einer Cyclohexylgruppe oder einer geradkettigen Alkylgruppe als nicht-aromatischer Rest R^{16} wurde als R^{16} -Komponente verwendet. Als Grundöl wurde DAPE, PAO, ein Diester, ein Polyolester oder ein Mineralöl verwendet.

10

Dem Grundöl wurde TDI oder MDI zugegeben und die Mischung wurde bei einer vorgeschriebenen Temperatur (70 bis 80°C) gehalten. Eine vorher festgelegte Menge einer Verbindung, die durch Mischen aus dem aromatischen Aminrest R^{14} und dem nicht-aromatischen Amin-Rest R^{16} in einem vorgeschriebenen aromatischen Ring-Molverhältnis Z hergestellt wurde, wurde zugegeben um die Reaktion zu initiieren. Die Reaktionsmischung wurde unter Rühren auf 160°C erhitzt und es wurde ein Antioxidationsmittel zugegeben. Die Mischung wurde unter Rühren auf etwa Raumtemperatur (etwa 20°C) abkühlen gelassen. Während die Mischung abkühlen gelassen wurde, wurden ein Rost-Inhibitor und ein vorgeschriebenes pH-Einstellungsmittel zugegeben. Schließlich wurde das Reaktionsprodukt, das auf etwa Raumtemperatur abgekühlt worden war, in einer Kugelmühle gemahlen zur Herstellung von Schmierfett.

25 Als pH-Einstellungsmittel wurde K_2CO_3 , OcNa, OcA, StNa, NaOH oder StA verwendet.

Das Schmierfett wurde hergestellt durch Kontrollieren des Mischungsverhältnisses zwischen dem Grundöl und dem Verdickungsmittel, so daß es eine Walkkonsistenz von etwa 200 bis 300 hatte.

30

Der Wasserstoffionenexponenten-pH-Wert des Schmierfettes wurde bestimmt. Dann wurde das Schmierfett im Innern von Rillenkugellagern eingeschlossen zur Durchführung eines Stabilitätstests (Haltbarkeitstests) und eines Schmierfett-Lecktests. In der Tabelle 5 sind der Wasserstoffionenexponenten-pH-Wert 5 des Schmierfettes und die Ergebnisse des Stabilitätstests und des Schmierfett-Lecktests angegeben.

Tabelle 5

	Lager Nr.	pH-Wert d. Schmierfettes	Ergebnisse des Stabilitätstests					Ergebnisse des Schmierfett- Lecktests (Gew.%)				
			gut	gut	gut	gut	gut	1.5	1.9	2.1	2.6	2.6
Beispiele	31	5.2	gut	gut	gut	gut	gut	5.8	7.1	7.9	8.3	8.3
	32	5.4	gut	gut	gut	gut	gut	2.8	3.3	3.7	4.1	4.1
	33	5.7	gut	gut	gut	gut	gut	3.6	4.0	5.0	5.2	5.2
	34	5.1	gut	gut	gut	gut	gut	1.2	1.4	1.9	2.0	2.0
	35	5.9	gut	gut	gut	gut	gut	1.9	2.2	2.5	2.5	2.5
	36	5.8	gut	gut	gut	gut	gut	1.8	1.8	2.3	2.4	2.4
	37	5.5	gut	gut	gut	gut	gut	2.0	2.2	2.4	2.7	2.7
	38	5.3	gut	gut	gut	gut	gut	6.8	7.3	8.5	9.6	9.6
	39	8.0	gut	gut	gut	gut	gut	5.8	6.9	8.7	12.3	12.3
	40	7.3	gut	gut	gut	gut	gut	5.4	7.6	9.2	10.1	10.1
	41	7.1	gut	gut	gut	gut	gut	2.5	2.9	4.2	4.5	4.5
Vergl.- Beispiele	81	4.2	gut	gut	schlecht (705h.)	schlecht (599h.)	schlecht	2.0	2.3	2.7	2.8	2.8
	82	4.8	gut	gut	gut	gut	schlecht (691h.)					

Das Verfahren zur Bestimmung des Wasserstoffionenexponenten-pH-Wertes, die Spezifikationen der Testlager und die Bedingungen des Stabilitätstests (Haltbarkeitstests) waren die gleichen wie bei den ersten bis dritten Beispielen. Für jedes Schmierfett wurden 4 Proben hergestellt.

5

Wie aus der Tabelle 5 hervorgeht, genügten in den Vergleichsbeispielen 81 und 82, in denen eine Diharnstoff-Verbindung, enthaltend ein aromatisches Amin, als Verdickungsmittel dem Schmiermittel zugesetzt wurde, einige der Proben der Nenn-Lebensdauer L_{10} . Da jedoch der Wasserstoffionenexponenten-pH-Wert nur 4,2 oder 4,8 betrug, ergaben nicht alle Beispiele eine Lager-Lebensdauer L , welche die Nenn-Lebensdauer L_{10} überstieg.

10

In den Beispielen 31 bis 41, in denen eine Diharnstoff-Verbindung, enthaltend ein aromatisches Amin, dem Schmiermittel als Verdickungsmittel zugesetzt wurde und auch der Wasserstoffionenexponenten-pH-Wert auf ≥ 5 eingestellt wurde, d.h. einen Wert zwischen 5,1 und 8,0, eingestellt wurde, ergaben alle getesteten Proben eine Lager-Lebensdauer L , die länger oder gleich war der Nenn-Lebensdauer L_{10} , was beweist, daß sie die gewünschte Stabilität (Haltbarkeit) aufwiesen.

15

20

Der Schmierfett-Lecktest wird nachstehend erläutert.

Der Schmierfett-Lecktest wurde durchgeführt mit einem Rillenkugellager, in dem das Schmierfett mit einer Kontaktgummidichtung abgedichtet war, unter den folgenden Bedingungen. Die Menge des Schmierfetts, das am Ende des Tests ausgetreten war, wurde bestimmt. Die Proben, bei denen weniger als 10 Gew.-% der ursprünglich eingeschlossenen Schmierfettmenge austraten, wurden als "den Test bestanden" bewertet. Für jedes Schmierfett wurden vier Proben getestet.

25

30

Schmierfett-Lecktest

Lagerspezifikationen:

Bezeichnung 6301 (Rillenkugellager)

Außendurchmesser D des äußeren Laufrings: 37 mm

Innendurchmesser d des inneren Laufrings: 12 mm

5 Breite (zusammengebaut): 12 mm

Schmierfettmenge (am Anfang eingeschlossen): 1,6 g

Rotationsgeschwindigkeit des äußeren Laufrings: 14 000 UpM

Temperatur des inneren Laufrings: 160°C

Radial-Belastung 141 kgf

10 Laufzeit: 20 h

Wie aus der Tabelle 5 hervorgeht, wurde das Schmierfett bei der hohen Temperatur weich wegen des aromatischen Ring-Molverhältnisses Z, das nur 0,30 oder 0,40 betrug, so daß das Austreten des Schmierfettes den Wert von 10 Gew.-% überstieg, obgleich die Beispiele 40 und 41 zufriedenstellende Ergebnisse in bezug auf ihre Lager-Lebensdauer L ergaben, weil der Wasserstoffionenexponenten-pH-Wert auf 5 oder höher eingestellt war.

20 Dagegen wurde in den Beispielen 31 bis 39 und in den Vergleichsbeispielen 81 und 82, in denen das aromatische Ring-Molverhältnis Z 0,5 oder höher war, kein Austreten von Schmierfett beobachtet. Dies zeigt somit, daß in den Beispielen 31 bis 39 Wälzlager mit einer ausgezeichneten Lager-Lebensdauer L und einer ausgezeichneten Schmierfett-Leckdichtheit erhalten wurden.

25 In der Fig. 3 ist das Charakteristik-Diagramm dargestellt, das die Beziehung zwischen der Menge (Gew.-%) der zugegebenen Diharnstoff-Verbindung und dem aromatischen Ring-Molverhältnis Z erläutert. Wenn die Menge weniger als 8 Gew.-% beträgt, besteht die Möglichkeit, daß das Schmierfett bei hoher Temperatur austreten kann, weil das Gelbildungsvermögen zur Erzielung einer
30 ausreichenden Härte unzureichend ist. Wenn die Menge 35 Gew.-% übersteigt, kann die Stabilität (Haltbarkeit) unter Hochtemperatur- und Hochgeschwindigkeits-Bedingungen beeinträchtigt (verschlechtert) sein. Wenn das

- aromatische Ring-Molverhältnis Z weniger als 0,5 beträgt, neigt das Schmierfett dazu, nach außen auszutreten, so daß keine ausreichende Leckdichtheit erzielt wird. Wenn das aromatische Ring-Molverhältnis Z den Wert 0,95 übersteigt, nimmt die Fließfähigkeit des Schmierfettes ab, so daß es dazu neigt, in
- 5 einem frühen Stadium einen Festfreß-Schaden zu verursachen. Es ist daher bevorzugt, daß die Diharnstoff-Verbindungen in dem Bereich A, in dem die Menge in dem Bereich von 8 bis 35 Gew.-% liegt, zugegeben werden und daß das aromatische Ring-Molverhältnis Z in dem Bereich von 0,5 bis 0,95 liegt. Aus den Ergebnissen in der Tabelle 4 ist auch zu ersehen, daß dann, wenn
- 10 Cyclohexylamin (CHA) als R¹⁶-Komponente verwendet wird, der Bereich B bevorzugt ist, in dem das aromatische Ring-Molverhältnis Z in dem Bereich von 0,65 bis 0,85 liegt; daß dann, wenn eine R¹⁶-Komponente mit einer geradkettigen Alkylgruppe, beispielsweise Stearylamin (StA) oder Octylamin (OcA), verwendet wird, das aromatische Ring-Molverhältnis Z vorzugsweise in dem Be-
- 15 reich von 0,70 bis 0,95 liegt. Ein besonders bevorzugter Bereich für die Menge der Diharnstoffverbindung beträgt 17 bis 33 Gew.-%.

Industrielle Anwendbarkeit

- 20 Wie vorstehend im Detail beschrieben, umfaßt das erfindungsgemäße Wälzlager äußere und innere Laufringe und Wälzkörper, die drehbar zwischen den äußeren und inneren Laufringen eingesetzt sind mit einem Schmiermittel, das in dem ringförmigen Raum eingeschlossen ist, der durch die Wälzkörper und die Laufringe gebildet wird, wobei der Wasserstoffionenexponenten-pH-Wert
- 25 des Schmiermittels auf einen Wert in dem Bereich von 7 bis 13 eingestellt wird. Das Lager kann gegen Abblättern (Ausbrechen) an den Lagerstellen geschützt sein und es weist eine verbesserte Stabilität (Haltbarkeit) auch dann auf, wenn es in den elektrischen Teilen und Zubehör-Teilen eines Automobil-
- 30 Motors verwendet wird, bei dem die Gefahr besteht, daß Wasser in das Schmiermittel eindringt oder das Lager durch den Wassergehalt des Schmiermittels unter der Einwirkung von Vibrationen leicht beeinflusst wird.

Ähnliche Effekte können erzielt werden durch Zugabe einer vorgeschriebenen Menge eines organischen Metallsalzes oder von ADTC oder einer anorganischen Verbindung mit einer durchschnittlichen Teilchengröße von $\leq 2 \mu\text{m}$ zu dem Schmiermittel und Einstellen des Wasserstoffionenexponenten-pH-

- 5 Wertes des Schmiermittels auf einen Wert in einem Bereich von 5 bis 13. Ähnliche Effekte können auch erhalten werden, wenn eine Diharnstoff-Verbindung, die ein aromatisches Amin enthält, dem Schmiermittel als Verdickungsmittel zugegeben wird, wobei der Wasserstoffionenexponenten-pH-Wert in dem Bereich von 5 bis 13 liegt.

6. Wälzlager nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß die genannte Amin-Verbindung mindestens ein Vertreter aus der Gruppe der primären bis tertiären Aminverbindungen, die eine aliphatische Kohlenwasserstoffgruppe, eine alicyclische Kohlenwasserstoffgruppe oder eine aromatische Kohlenwasserstoffgruppe mit jeweils C_n Kohlenstoffatomen ($n=1$ bis 24) oder ein Derivat davon ist.
7. Wälzlager nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, das das genannte organische Metallsalz oder das genannte organische Säuremetallsalz als pH-Einstellungsmittel eine C_n -Kohlenwasserstoffkette ($n=6$ bis 24), welche die Alkylgruppe darstellt, und ein Metallelement, welches das Metallsalz aufbaut, ausgewählt aus mindestens einem Vertreter aus der Gruppe Alkalimetall, Erdalkalimetall, Aluminium und Zink, aufweist.
8. Wälzlager nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß die genannte alkalische anorganische Verbindung ausgewählt wird aus mindestens einem Vertreter aus der Gruppe Metallhydroxid, Metallcarbonat, Metallborat und Metallsilicat.
9. Wälzlager, das äußere und innere Laufringe und Wälzkörper aufweist, die drehbar zwischen die äußeren und inneren Laufringe eingesetzt sind, mit einem Schmiermittel, das in dem ringförmigen Raum eingeschlossen ist, der durch die Wälzkörper und die Laufringe gebildet wird, dadurch gekennzeichnet, daß das genannte Schmiermittel umfaßt ein Grundöl, ein Verdickungsmittel, ein pH-Einstellungsmittel und ein Reaktionsfilmbildungsmittel, das auf der Laufbahn-Oberfläche oder der Wälzoberfläche einen Reaktionsfilm bilden kann, das ausgewählt wird aus mindestens einem Vertreter aus der Gruppe organisches Metallsalz und aschefreie Dialkyldithiocarbamidsäure, und das einen Wasserstoffionenexponenten-pH-Wert aufweist, der auf einen Bereich von 5 bis 13 eingestellt ist.

10. Wälzlager nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, daß das genannte organische Metallsalz als Reaktionsfilmbildungsmittel ausgewählt wird aus mindestens einem Vertreter aus der Gruppe Dialkyldithiocarbamidsäure-Verbindung, Dialkyldithiophosphorsäure-Verbindung, Organozink-Verbindung und Zinkalkylxanthogenat oder Methylenbisdialkyldithiocarbamidsäure.

11. Wälzlager, das äußere und innere Laufringe und Wälzkörper aufweist, die drehbar zwischen die äußeren und inneren Laufringe eingesetzt sind, mit einem Schmiermittel, das in den ringförmigen Raum eingeschlossen ist, der durch die Wälzkörper und die Laufringe gebildet wird, dadurch gekennzeichnet, daß das genannte Schmiermittel umfaßt ein Grundöl, ein Verdickungsmittel, ein pH-Einstellungsmittel und 0,001 bis 3 Gew.-% Teilchen, die eine anorganische Verbindung umfassen, mit einer durchschnittlichen Teilchengröße von $\leq 2 \mu\text{m}$ und dessen Wasserstoffionenexponenten-pH-Wert auf den Bereich von 5 bis 13 eingestellt ist.

12. Wälzlager nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, daß die genannte anorganische Verbindung ausgewählt wird aus mindestens einem Vertreter aus der Gruppe Metalloxid, Metallhydroxid, Metallcarbonat oder Hydrat davon; Metallnitrid, Metallocarbid; Tonmineral; Diamant und festes Schmiermittel.

13. Wälzlager, das äußere und innere Laufringe und Wälzkörper aufweist, die zwischen die äußeren und inneren Laufringe rotierbar eingesetzt sind, mit
25 einem Schmieröl, das in dem ringförmigen Raum eingeschlossen ist, der von den Wälzkörpern und den Laufringen gebildet wird, dadurch gekennzeichnet, daß das genannte Schmiermittel umfaßt ein Grundöl, ein pH-Einstellungsmittel und ein Verdickungsmittel, ausgewählt aus mindestens einem Vertreter aus der Gruppe aromatische Diharnstoff-Verbindung und nicht-aromatische Di-
30 harnstoff-Verbindung, und daß das genannte Schmiermittel einen Wasserstoffionenexponenten-pH-Wert aufweist, der auf den Bereich von 5 bis 13 eingestellt ist.

Fig. 1

Anzahl der Proben, welche die
Abblätterungsprüfung bestanden

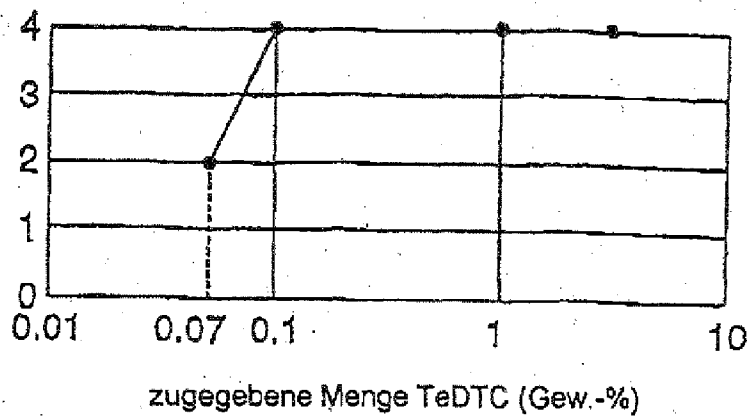


Fig. 2

Anzahl der Proben, welche die
Abblätterungsprüfung bestanden

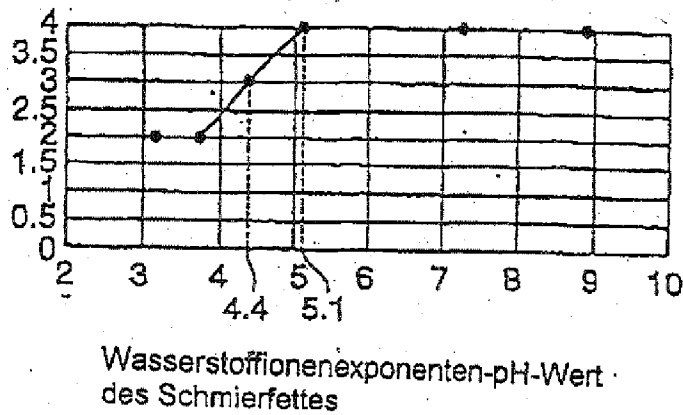


Fig. 3

